



**tricto
ensu**
Editora

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS MÚLTIPLAS APLICABILIDADES

978-65-86283-78-5

Organizadora:

Lucena Rocha Virgilio

2022

Lucena Rocha Virgilio

(Organizadora)

Ciências Biológicas e Suas Múltiplas Aplicabilidades

Rio Branco, Acre

Stricto Sensu Editora

CNPJ: 32.249.055/001-26

Prefixos Editorial: ISBN: 80261 – 86283 / DOI: 10.35170

Editora Geral: Profa. Dra. Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti

Editor Científico: Prof. Dr. Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti

Bibliotecária: Tábata Nunes Tavares Bonin – CRB 11/935

Capa: Elaborada por Led Camargo dos Santos (ledcamargo.s@gmail.com)

Avaliação: Foi realizada avaliação por pares, por pareceristas *ad hoc*

Revisão: Realizada pelos autores e organizador

Conselho Editorial

Prof^a. Dr^a. Ageane Mota da Silva (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Acre)

Prof. Dr. Amilton José Freire de Queiroz (Universidade Federal do Acre)

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto (Universidade Federal de Goiás – UFG)

Prof. Dr. Edson da Silva (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Prof^a. Dr^a. Denise Jovê Cesar (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina)

Prof. Dr. Francisco Carlos da Silva (Centro Universitário São Lucas)

Prof. Dr. Humberto Hissashi Takeda (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Msc. Herley da Luz Brasil (Juiz Federal – Acre)

Prof. Dr. Jader de Oliveira (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Araraquara)

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos (Universidade Federal do Piauí – UFPI)

Prof. Dr. Leandro José Ramos (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Dr. Luís Eduardo Maggi (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Msc. Marco Aurélio de Jesus (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Prof^a. Dr^a. Mariluce Paes de Souza (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Dr. Paulo Sérgio Bernarde (Universidade Federal do Acre)

Prof. Dr. Romeu Paulo Martins Silva (Universidade Federal de Goiás)

Prof. Dr. Renato Abreu Lima (Universidade Federal do Amazonas)

Prof. Dr. Rodrigo de Jesus Silva (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciências biológicas e suas múltiplas aplicabilidades / Lucena Rocha Virgílio (org.). – Rio Branco : Stricto Sensu, 2022.

143 p. : il.

ISBN: 978-65-86283-78-5

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785

1. Biologia. 2. Ciências. 3. Ecologia. I. Virgílio, Lucena Rocha. II. Título.

CDD 22. ed. 570.7

Bibliotecária Responsável: Tábata Nunes Tavares Bonin / CRB 11-935

O conteúdo dos capítulos do presente livro, correções e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

É permitido o download deste livro e o compartilhamento do mesmo, desde que sejam atribuídos créditos aos autores e a editora, não sendo permitido à alteração em nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.sseditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O puro e simples conceito de ciências biológicas concentra em duas palavras um amplo significado, onde o termo ciências é derivado do latim *scientia*, que está relacionado ao “conhecimento” ou “saber”. Já o termo “biológicas” é relativo à biologia, ou seja, à ciência que estuda a vida, os seres vivos.

As múltiplas aplicabilidades das ciências biológicas auxiliam a entender o mundo vivo e as maneiras como suas muitas espécies funcionam, evoluem e interagem. Onde, os avanços em seus estudos têm contribuído com a medicina, agricultura, biotecnologia e muitas outras áreas trazendo melhorias na qualidade de vida.

As ciências biológicas podem ser divididas em muitas subáreas além de abrir um leque de oportunidades. Entretanto, como as ciências biológicas é um campo tão diversificado e amplo, geralmente é dividida em três grandes áreas, como meio ambiente, saúde e biotecnologia.

No caso de estudos a respeito do meio ambiente, a ciências biológicas foca em aspectos da biodiversidade que envolve a diversidade de espécies, genética e de ecossistemas. Além disso, avalia a interação dos aspectos físico-químicos com os seres vivos gerando dados que auxiliem na conservação, sustentabilidade e manejo de recursos naturais. Assim, o presente livro traz as questões ambientais vinculadas aos capítulos sobre “Avaliação do potencial citotóxico e genotóxico de combustíveis fósseis nas águas do rio Juruá, Cruzeiro do sul – ac”. Onde os resultados indicaram a presença de agentes com potencial citotóxico, genotóxico e mutagênico nas águas do rio Juruá ocasionados por resíduos de combustíveis fósseis descartados e despejados por vazamentos em postos de combustíveis e motores de barcos. Os autores investigaram as alterações cromossômicas, nucleares e a redução da proliferação celular dos meristemas da espécie *Allium cepa* em amostras de água coletadas no rio. Onde esse método de bioindicação ambiental, evidenciou importantes riscos de degradação do meio ambiente aquático. Nesse sentido, o estudo alertou sobre a necessidade do acompanhamento através de ações conservacionistas para evitar a perda da biodiversidade desses ambientes e a influência negativa na saúde dos ribeirinhos.

Outro capítulo importante que evidencia a relação entre o meio ambiente-homem-resíduos tóxicos é sobre o “Levantamento dos riscos à saúde do trabalhador advindas do uso de agrotóxicos doméstico e agrícola na região metropolitana do Cariri”. Onde o estudo

realiza um levantamento sobre o uso de agrotóxicos no contexto da agricultura familiar da região metropolitana do Cariri e relata que mesmo com o uso de agrotóxico por uma pequena parcela dos agricultores, um elevado número de pessoas apresentou casos de intoxicação na região. Nesse sentido, o estudo através dos seus dados faz um alerta sobre a necessidade de se rever as políticas que regularizam o uso dessas substâncias nocivas, pois caso não ocorra os impactos a saúde humana e aos ecossistemas poderão intensificarem nos próximos anos.

E por fim, o livro de Ciências Biológicas e Suas Múltiplas Aplicações finaliza o tema meio ambiente com um levantamento da biodiversidade de espécies de peixes do vale do Juruá utilizando ilustrações científicas. Os autores através da técnica de pontilhismo conciliaram ciência e a arte em um modelo de comunicação de caráter mais próximo da metodologia científica, possibilitando a melhor compreensão das estruturas dos peixes em sua verdadeira essência. Onde a ilustração científica pode retratar a fauna de peixes do alto Juruá e contribuir com a divulgação e descrição de importantes espécies de peixes dessa região.

Na área voltada a saúde o presente livro apresentou capítulos de revisão bibliográfica voltados a temas relevantes como a importância de uma microbiota intestinal saudável para se evitar doenças neuropsiquiátricas e o estudo da Leishmaniose visceral canina como uma doença infecciosa crônica, considerada uma importante zoonose a nível mundial. No Capítulo sobre a “A microbiota intestinal e sua relação com estresse, ansiedade e depressão”, os autores fizeram um amplo estudo utilizando bases de dados, e chegaram à conclusão que os metabolitos da microbiota intestinal interferem no metabolismo da serotonina o que pode gerar impactos na regulação do eixo intestino-cérebro contribuindo para desencadear ou agravar transtorno de humor como ansiedade e depressão. Enquanto o capítulo “Leishmaniose visceral canina – revisão de literatura”, demonstrou uma revisão completa sobre a Epidemiologia e controle da *Leishmania chagasi* que transmite a Leishmaniose visceral canina no Brasil. Onde o estudo concluiu que a Leishmaniose visceral canina está em constante crescimento e ainda existe uma elevada deficiência no controle e na informação a respeito dessa doença.

Na área de ciências biológicas que contempla a biotecnologia, o livro indica capítulos que demonstram experimentos com aplicações biotecnológicas, como o uso da enzima bromelina extraída de frutos da macambira na tenderização da carne bovina. Além de levantamentos de óleos essenciais extraído de plantas do gênero *Piper*, com o objetivo de verificar o potencial desses óleos na formulação de novos produtos para a proteção de

plantas contra artrópodes pragas. Ainda dentro do tema biotecnologia, o livro também apresentou uma revisão bibliográfica sobre o uso de *Luffa operculata* na medicina popular para o tratamento de algumas doenças, com o objetivo de demonstrar a Etnofarmacologia dessa planta. E por fim, o livro encerra o tema biotecnologia demonstrando como o seu uso pode auxiliar no ensino em ciências e biologia através do uso de tecnologias 3D. Onde os autores aplicaram a tecnologia de escaneamento e impressão 3D para a produção de peças anatômicas que foram utilizadas como recursos didáticos em atividades voltadas a educação sexual e em disciplinas como anatomia/fisiologia humana e animal. E assim, demonstraram que a tecnologia 3D pode gerar materiais fundamentais para auxiliar na mediação de conhecimentos biológicos entre os docentes e discentes, construindo uma aprendizagem mais dinâmica e facilitadora do conhecimento e entendimento de ciências e biologia.

Assim, o livro Ciências Biológicas e Suas Múltiplas Aplicações, envolveu temas importantes em diversas áreas de Ciências biológicas com o objetivo de demonstrar insights sobre aplicações científicas. Além disso, englobou campos de pesquisa relacionados à sustentabilidade da vida, incluindo meio ambiente, ecossistema, qualidade dos alimentos, causas de doenças, desenvolvimento de medicamentos e uso da tecnologia no estudo de estruturas morfológicas dos seres vivos.

Profa. Dra. Lucena Rocha Virgílio.

SUMÁRIO

CAPÍTULO. 1.....11

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL CITOTÓXICO E GENOTÓXICO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NAS ÁGUAS DO RIO JURUÁ, CRUZEIRO DO SUL – AC

Ester Nascimento da Costa (Universidade Federal do Acre)

Manuela Jucá Correia (Universidade Federal do Acre)

Raphael Coutinho Mello (Universidade Federal do Acre)

Matheus Nascimento Oliveira (Universidade Federal do Acre)

Sergio Luiz Prolo Júnior (Universidade Federal do Acre)

Rodrigo Cacique Rocha (Universidade Federal do Acre)

Victor Silva Vasconcelos (Universidade Federal do Acre)

Tiago Lucena da Silva (Universidade Federal do Acre)

Issac Ibernnon Lopes-Filho (Universidade Federal do Acre)

Maria Isabel Afonso da Silva (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.01

CAPÍTULO. 2.....26

LEVANTAMENTO DOS RISCOS À SAÚDE DO TRABALHADOR ADVINDAS DO USO DE AGROTÓXICOS DOMÉSTICO E AGRÍCOLA NA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI

Tarcisio Mendes Silva (Universidade Regional do Cariri)

Renata Torres Pessoa (Universidade Regional do Cariri)

Lucas Yure Santos da Silva (Universidade Regional do Cariri)

Isabel Sousa Alcântara (Universidade Regional do Cariri)

Ana Dark Torres Pessoa (Universidade Regional do Cariri)

Cicero Pedro da Silva Junior (Universidade Regional do Cariri)

Aparecida Barros da Silva (Universidade Regional do Cariri)

Larissa da Silva (Universidade Regional do Cariri)

Shennovy Marllon dos Santos (Universidade Regional do Cariri)

Roger Henrique Sousa da Costa (Universidade Regional do Cariri)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.02

CAPÍTULO. 3.....37

APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÕES CIENTÍFICAS EM PEIXES NO VALE DO JURUÁ

Marcos Vitor Rosas da Páscoa (Universidade Federal do Acre)

Aerisson Nogueira Freire (Universidade Federal do Acre)

Nilciane Almeida DoMonte (Universidade Federal do Acre)

Cassius Santos da Silva (Universidade Federal do Acre)

Lucena Rocha Virgilio (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.03

CAPÍTULO. 4.....59

A MICROBIOTA INTESTINAL E SUA RELAÇÃO COM ESTRESSE, ANSIEDADE E DEPRESSÃO

Julie Ruiz Lessa (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Nereida Lessa Pinheiro do Vale Ruiz (Universidade Federal do Acre)

Suellem Maria Bezerra de Moura Rocha (Universidade Federal do Acre)

Cydia de Menezes Furtado (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.04

CAPÍTULO. 5.....78

LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA – REVISÃO DE LITERATURA

Marianne Rachel Domiciano Dantas Martins (Universidade Federal de Campina Grande)

Paulo Wbiratan Lopes da Costa (Universidade Federal de Campina Grande)

João Paulo de Lacerda Roberto (Universidade Federal de Campina Grande)

Iago Carvalho Barbosa (Universidade Federal Rural de Pernambuco)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.05

CAPÍTULO. 6.....93

APLICAÇÃO DE BROMELINA EXTRAÍDA DA MACAMBIRA E SEU EFEITO NO AMACIAMENTO DE BRAÇO BOVINO

Arthur Souza Bandeira de Almeida (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco)

Bruno Anderson de Moraes (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco)

Tonny Cley Campos Leite (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco)

Raul Jacobsen Neto (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco)

Amanda Reges de Sena (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.06

CAPÍTULO. 7.....106

ETNOFARMACOLOGIA DA *Luffa operculata* COGN

Rebeka Caribé Badin (Instituto Nacional do Câncer)

Liliane Rosa Alves Manaças (Hospital Universitário Getúlio Vargas)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.07

CAPÍTULO. 8.....114

EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DO GÊNERO *Piper* E SEUS CONSTITUINTES

Thais Oliveira Souza (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Aline Fonseca do Nascimento (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.08

CAPÍTULO. 9.....122

TECNOLOGIAS 3D APLICADAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA

Manuela Jucá Correia (Universidade Federal do Acre)

Maria Isabel Afonso da Silva (Universidade Federal do Acre)

Ester Nascimento da Costa (Universidade Federal do Acre)

Victor Silva Vasconcelos (Universidade Federal do Acre)

Raphael Coutinho Mello (Universidade Federal do Acre)

Matheus Nascimento Oliveira (Universidade Federal do Acre)

Cailane Costa Maia (Universidade Federal do Acre)

Tiago Lucena da Silva (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785.09

ORGANIZADORA.....	140
ÍNDICE REMISSIVO	141

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL CITOTÓXICO E GENOTÓXICO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NAS ÁGUAS DO RIO JURUÁ, CRUZEIRO DO SUL – AC

**Ester Nascimento da Costa¹, Manuela Jucá Correia¹, Raphael Coutinho Mello^{1,3},
Matheus Nascimento Oliveira⁴, Sergio Luiz Prolo Júnior¹, Rodrigo Cacique Rocha¹,
Victor Silva Vasconcelos^{1,3}, Tiago Lucena da Silva^{1,3,4}, Issac Ibernnon Lopes-Filho^{1,3} e
Maria Isabel Afonso da Silva²**

1. Universidade Federal do Acre (UFAC) - Campus Floresta – Centro Multidisciplinar, Cruzeiro do Sul, Acre;
2. Universidade Federal do Acre (UFAC) - Campus Floresta – Centro de Educação e Letras, Cruzeiro do Sul, Acre;
3. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós Graduação em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental – Rio Branco, Acre, Brasil;
4. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais – Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil;

RESUMO

As substâncias químicas, ao entrarem em contato com o material biológico de diversos organismos, modificam sua estrutura e/ou função e podem causar alterações no material genético, desregulação do ciclo celular e aberrações cromossômicas. O Rio Juruá atravessa o Município de Cruzeiro do Sul - Acre, sendo uma hidrovia muito importante na região e contribuindo também na alimentação das famílias pelos pescados, porém vem sofrendo consequências das atividades antrópicas. Com isso, objetivou-se avaliar o potencial citotóxico e genotóxico dos combustíveis fósseis na água do entorno de postos fluviais de gasolina no Rio Juruá, em Cruzeiro do Sul, Acre. Para isso, foram coletadas amostras de água em três pontos, no período de inverno e verão amazônico, e submetidas ao teste de *Allium cepa*. No inverno, não houve diferença estatística nos índices mitóticos entre amostras; já no verão, foi possível identificar aumento significativo no ponto 3 em relação aos pontos 1 e 2. Na análise de genotoxicidade, só houve diferença entre os pontos no período de inverno, com aumento de anormalidades no ponto 3 em relação ao ponto 2 e controle. Os resultados sugerem a possível presença de agentes com potencial citotóxico e genotóxico das águas de entorno aos postos de combustível flutuantes no Rio Juruá, ressaltando a necessidade de biomonitoramento no local, tendo em vista a proteção da biodiversidade e da saúde de muitas famílias, que utilizam recursos deste rio.

Palavras-chave: Ecotoxicologia, Contaminação e *Allium cepa*.

ABSTRACT

Chemical substances, when in contact with the biological material of different organisms, modify their structure and/or function and can cause changes in the genetic material, cell cycle deregulation and chromosomal aberrations. The Juruá River crosses the Municipality of Cruzeiro do Sul - Acre, being a very important waterway in the region and also contributing to the feeding of the families by fish, but it has been suffering consequences of anthropic activities. With this, the objective was to evaluate the cytotoxic and genotoxic potential of fossil fuels in the water surrounding river gas stations on the Juruá River, in Cruzeiro do Sul, Acre. For this, water samples were collected at three points, in the Amazon winter and summer, and submitted to the *Allium cepa* test. In winter, there was no statistical difference in mitotic indices between samples; in summer, it was possible to identify a significant increase at point 3 in relation to points 1 and 2. In the genotoxicity analysis, there was only difference between the points in the winter period, with an increase in abnormalities at point 3 in relation to point 2 and control. The results suggest the possible presence of agents with cytotoxic, genotoxic and mutagenic potential in the waters surrounding the floating fuel stations on the Juruá River, highlighting the need for on-site biomonitoring, with a view to protecting biodiversity and the health of many families, that use resources of this river.

Keywords: Ecotoxicology, Contamination and *Allium cepa*.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para a manutenção dos ecossistemas e conseqüentemente para a sobrevivência dos seres vivos, que vem sofrendo prejuízos devido à poluição dos sistemas fluviais com a intensificação do crescimento populacional e conseqüentes atividades antrópicas, (PRADO, 2020). Segundo Von Sperling (2005), a qualidade da água está relacionada com as condições de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica, sendo assim, pode ser utilizada como um geoindicador da qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica. A qualidade das águas superficiais, seja de mananciais, rios ou córregos, pode ser comprometida pelo aporte de efluentes residuais domésticos e/ou industriais não tratados e pelo uso excessivo de fertilizantes e agroquímicos, levando à contaminação das águas (TUNDISI et al., 2008; GALLI; ABE, 2010; VARGAS et al., 2019).

Inúmeros problemas de saúde humana e de outros organismos, incluindo alguns tipos de câncer, vêm sendo atribuídos à presença de diferentes contaminantes no meio ambiente (FÁTIMA; AHMAD, 2006). Substâncias químicas com potencial genotóxico e mutagênico demonstram grande afinidade de ligação ao material genético de organismos vivos, resultando em alterações ou danos a fita de DNA, desregulação do ciclo celular e até aberrações cromossômicas. Esses contaminantes, quando liberados na água, podem afetar a sobrevivência e fisiologia dos organismos, ocasionando diversos problemas de saúde, seja pela ingestão ou contato com a pele (BOER; HOEIJMAKERS, 2000; CARITÁ, 2010).

Entre os diferentes tipos de poluentes, os derivados de petróleo são os produtos mais toxicologicamente relevantes em relação ao meio aquático, especialmente as contaminações relacionadas à gasolina, combustível de grande consumo no Brasil e no mundo (PACHECO; SANTOS, 2001). Os combustíveis causam diversos efeitos no ecossistema aquático, pois são compostos por benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX), compostos lipossolúveis de grande potencial tóxico à saúde de diversos organismos, que podem contaminar os aquíferos e, conseqüentemente, os poços utilizados para abastecimento (MINDRISZ, 2006; AMARAL et al., 2017).

Os organismos vivos estão frequentemente expostos a substâncias citotóxicas, genotóxicas e mutagênicas que podem causar danos celulares e afetar processos vitais, como a duplicação e a transcrição gênica, bem como ocasionar alterações cromossômicas, levando à morte celular (COSTA; MENK, 2000). Os testes de citotoxicidade e genotoxicidade realizados pelo sistema teste de *A. cepa* se baseiam em diversos parâmetros de análise (BAGATINI; SILVA; TEDESCO, 2007).

Várias vantagens são atribuídas à utilização de *A. cepa* com destaque ao baixo custo, alta sensibilidade, rapidez, acessibilidade dos materiais, dentre outros (LEME; MARIN-MORALES, 2009). Entre os sistemas de ensaio adequados para o monitoramento de toxicidade, o teste de *A. cepa* é bem conhecido e comumente utilizado em muitos laboratórios, e as células da ponta da raiz constituem um sistema conveniente para o crescimento macroscópico, bem como para os parâmetros microscópicos (c-mitose, aderência, quebras cromossômicas).

Na região do Alto Juruá, estado do Acre, existem poucos trabalhos publicados empregando o Sistema *A. cepa* (MENEGUETTI, et al., 2011). Nessa perspectiva o presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial citotóxico e genotóxico das águas do rio Juruá ao entorno de postos de gasolina flutuantes em Cruzeiro do Sul - AC, de modo a verificar a presença de contaminantes como combustíveis fósseis que possam causar riscos à saúde de muitas famílias, que utilizam de recursos pesqueiros para fins alimentícios.

2. MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido junto ao Laboratório de Biologia Animal da Universidade Federal do Acre - Campus Floresta, utilizando amostras d'água coletadas no Rio Juruá, considerado um dos rios mais sinuosos do Brasil. Este rio é um dos principais afluentes da

margem direita do Amazonas, nasce nos Andes e deságua no Rio Solimões, sendo de grande importância para a região, servindo de hidrovia para diversas comunidades, além de fonte de renda, pela atividade pesqueira nele desenvolvida.

Foram realizadas coletas em dois períodos do ano no entorno de três postos fluviais ao longo do Rio localizados no lado do rio mais próximos ao 2º distrito do município, os locais foram intitulados como Ponto 1 (-7.639561638709083° , -72.66425942186007°); Ponto 2 (-7.639867007474282° , -72.66490173840572°) e Ponto 3 (-7.641225857820321° , -72.6685702856176°).

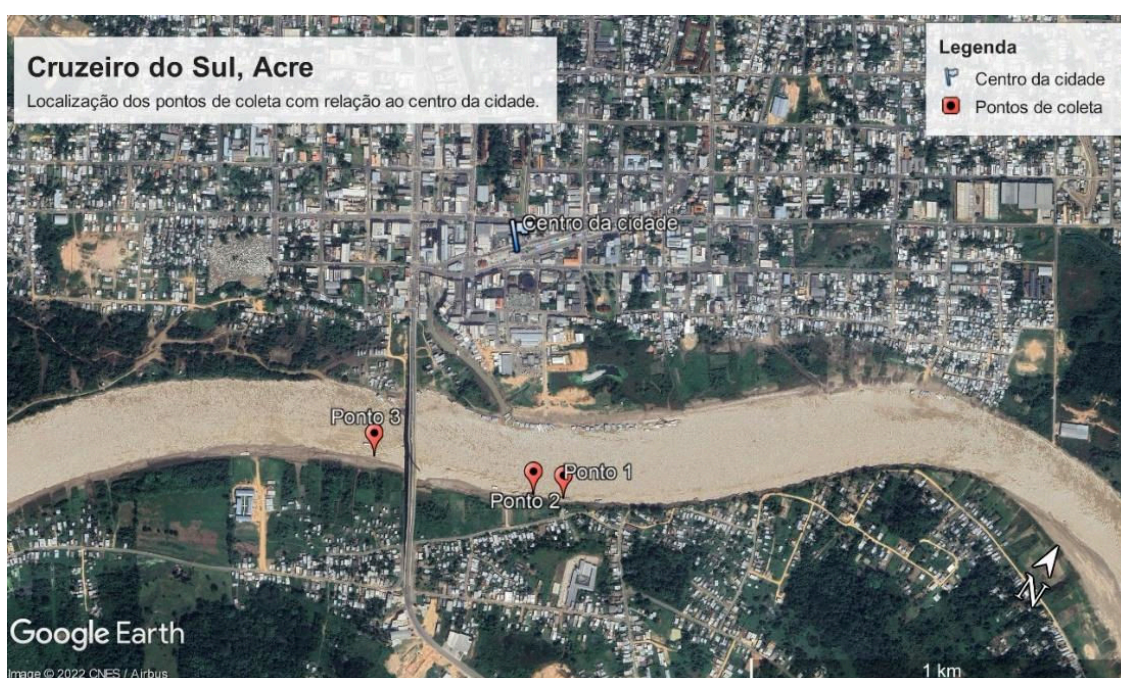


Figura 1. Mapa dos pontos de coleta em relação ao centro da cidade.

A primeira coleta foi realizada em dezembro de 2020, durante a estação chuvosa (inverno amazônico), e a segunda coleta em abril de 2021 no período de seca (verão amazônico), de modo a comparar as épocas de cheia e seca. Em cada um dos períodos, as amostras de água foram coletadas em garrafas de água mineral estéreis por submersão em todos os pontos das coletas, sob as mesmas condições, mesma profundidade e no mesmo dia. As amostras de água foram devidamente armazenadas e transportadas para o laboratório, garantindo a preservação destas, os recipientes envoltos em papel alumínio para evitar potencial degradação luminosa de algum composto.

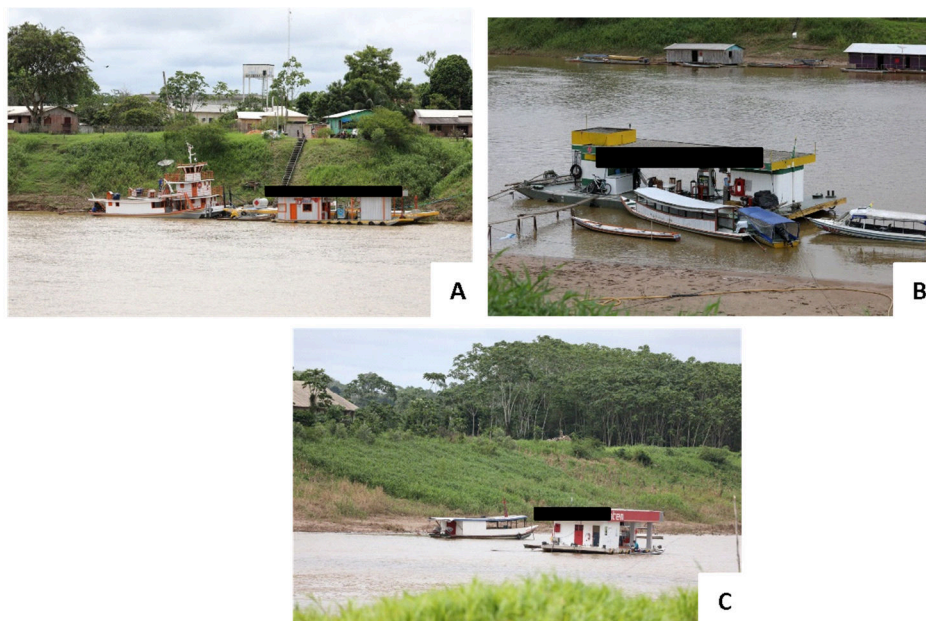


Figura 2. Imagem dos pontos de coleta no entorno de postos fluviais no rio Juruá.
A – Ponto 1; B – Ponto 2; C – Ponto 3.

O bioensaio usando *A. cepa* como organismo teste foi realizado conforme o protocolo já descrito e preconizado na literatura segundo Leven (1938), com modificações propostas por Prolo Júnior et al. (2021, no prelo). Após as coletas, foi realizada a preparação das sementes em laboratório, as quais foram colocadas em placa de Petri esterilizadas e revestidas com papel filtro em sua base, sendo utilizadas 100 sementes de *A. cepa*, da variedade Baia Periforme da marca Isla® Sementes LTDA Brasil, por placa, com duas placas para cada tratamento (amostra de água coletada), incluindo o controle negativo (água mineral). As sementes foram submetidas à germinação sob temperatura de 20 a 24°C, sendo umedecidas com água proveniente das respectivas amostras coletadas, conforme tratamento, sendo este processo realizado até completar 72 h.

Verificou-se o número de sementes germinadas em cada amostra e com os meristemas de tamanho adequado, cerca de 10 mm a 20 mm de comprimento, eram realizados os cortes, e posteriormente fixados e corados com orceína acética a 2% por uma hora em temperatura ambiente. Foram confeccionadas 10 lâminas de cada amostra pela técnica de esmagamento, as quais foram observadas e fotografadas sob objetiva de 40x em microscópio Zeiss® modelo Axioscope A1. As células foram contadas utilizando o software ImageJ versão 1.52d com auxílio do plugin Cell Counter.

2.1. ANÁLISE DA CITOTOXICIDADE

A análise da citotoxicidade é realizada pela verificação do Índice Mitótico, expresso pela relação entre o número de células em divisão e o número total de células, sendo essa razão multiplicada por 100. Foram analisadas 5000 células por amostra (LEME; MARIN-MORALES, 2009).

2.2. ANÁLISE DA GENOTOXICIDADE

Para realizar a análise de genotoxicidade é necessário a observação da presença de alterações cromossômicas, verificando células com aberrações cromossômicas (aderência, poliploidia perda, C-metáfase, multipolaridade e pontes anafásicas) e anormalidades nucleares (células binucleadas, trinucleadas e núcleos lobulados) (PROLO JÚNIOR et al., 2019). Calcula-se o índice de alterações cromossômicas (IAC) pela relação entre o número de células com alterações e o número total de células, sendo essa razão multiplicada por 100. Foram analisadas 5000 células por amostra (PALSIKOWSKI et al., 2017).

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram analisadas 5000 células por amostra e calculados os índices mitóticos (IM), de alterações cromossômicas (IAC) para verificação da citotoxicidade e genotoxicidade, respectivamente, de cada amostra. Os valores foram expressos em médias e desvios-padrão para cada abordagem. As variáveis foram testadas quanto à homocedasticidade (teste de Levene) e normalidade dos dados (Shapiro-Wilk). Para comparação entre as amostras foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA), seguido do teste Tukey (dados paramétricos) ou Kruskal-Wallis, seguido do teste Dunn (dados não paramétricos). Após a segunda coleta, também foi realizada a comparação entre os índices de cada ponto obtidos na primeira e segunda coleta, utilizando-se os testes t e Mann-Whitney, para dados paramétricos e não paramétricos, respectivamente. A análise dos dados e a elaboração dos gráficos foi realizada através do programa GraphPad Prism® 8.0, sendo considerado o nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Avaliação da Citotoxicidade

No período que corresponde ao inverno amazônico, ou seja, estação com maior pluviosidade (dezembro/2020, 700mm) (INMET, 2021), não houve diferença estatística entre os pontos 1 ($27,76 \pm 16,85$), 2 ($19,36 \pm 20,54$), 3 ($15,86 \pm 6,663$) em relação ao controle ($30,92 \pm 8,274$) ($p=0,1195$ - Kruskal-Wallis). No período que corresponde ao verão amazônico, a estação com menor pluviosidade (abril/2021, 200mm) (INMET, 2021), foi possível identificar diferenças estatísticas entre os pontos 1 ($22,72 \pm 7,643$), 2 ($28,18 \pm 9,209$) e 3 ($40,36 \pm 6,915$), mas não em relação ao controle ($30,92 \pm 10,89$) ($p=0,0008$ – Anova, Tukey).

Durante as análises, foram encontradas células em todas as etapas da divisão mitótica - fases de prófase, metáfase, anáfase e telófase (figura 3).

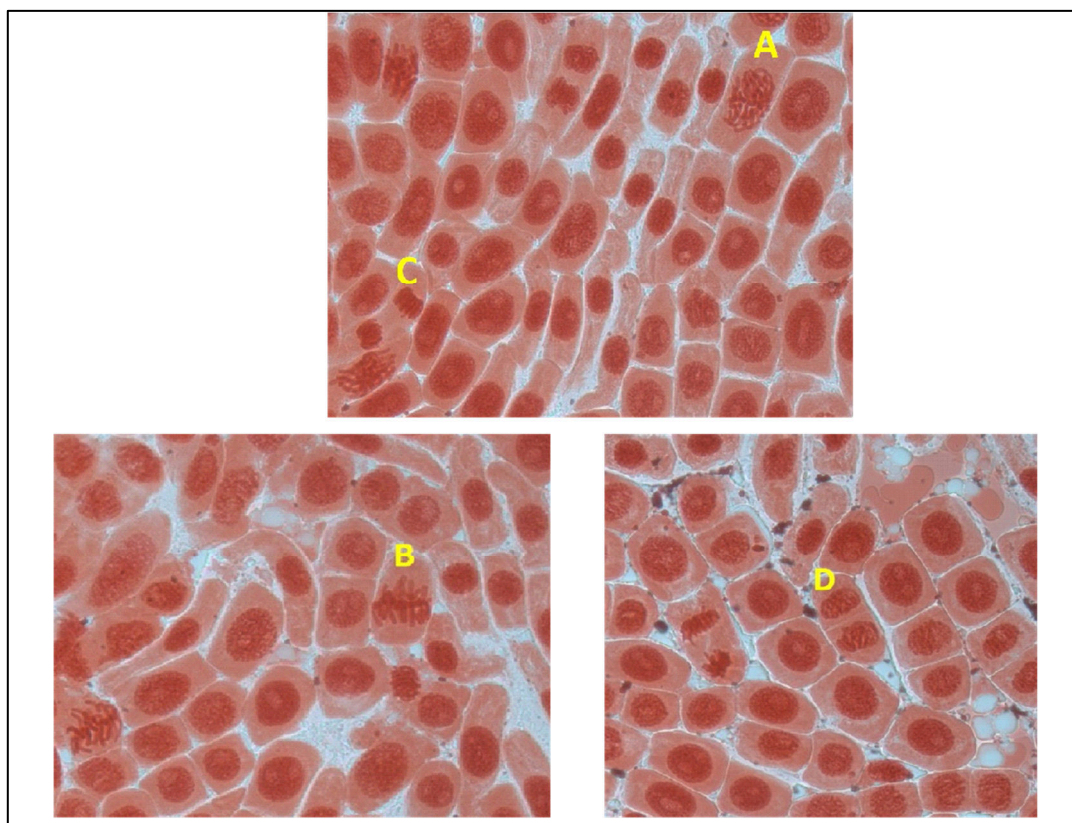


Figura 3. Figura 3. Células meristemáticas de *A. cepa* em processo de divisão mitótica. Fases da divisão: A – Prófase, B – Metáfase, C – Anáfase e D – Telófase.

Os resultados do IM das duas estações foram analisados entre si conforme observado na figura 4.

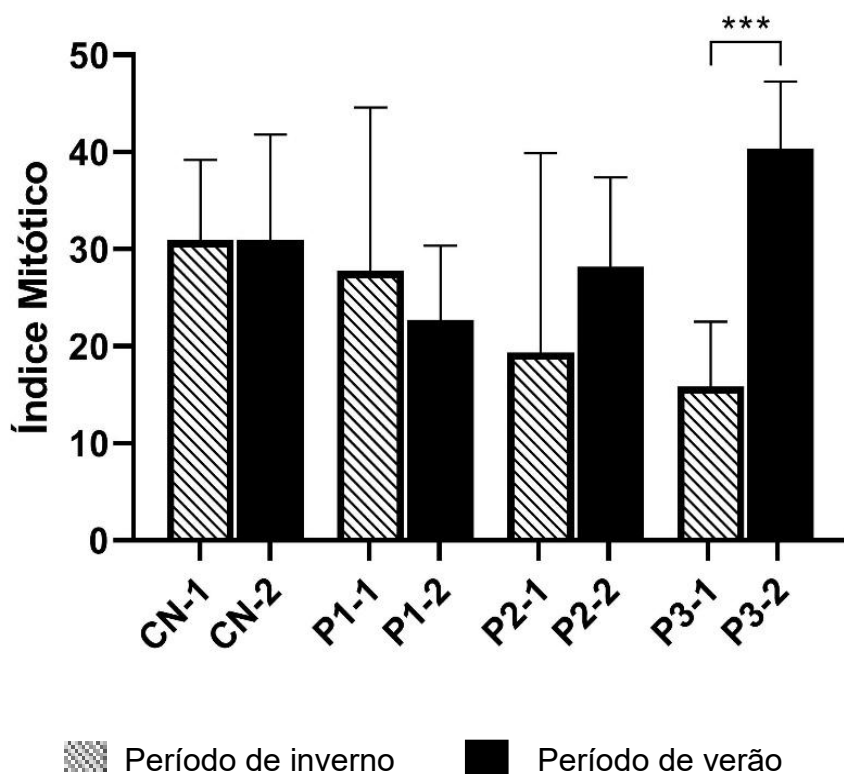


Figura 4. Comparação do índice mitótico das amostras de água do Rio Juruá nos períodos de inverno e verão.

*** ($p < 0,001$), teste, T-Student.

3.1.2. Avaliação Genotóxica

Na avaliação de genotoxicidade no período de inverno amazônico, o ponto 3 ($16,50 \pm 18,79$) apresentou valores de índices de alteração cromossômica (IAC) significativamente maiores que o Controle ($0,00 \pm 0,00$) e o ponto 2 ($0,00 \pm 0,00$), com $p=0,0079$ segundo teste de Kruskal-Wallis, demonstrando que a amostra de água proveniente do ponto de coleta 3 apresentou agentes com potencial genotóxico, que induziram alterações cromossômicas nas células meristemáticas de *A. cepa*.

No verão, as análises estatísticas não demonstraram significância entre os valores do ponto 1 ($0,2000 \pm 0,6325$), 2 ($1,900 \pm 4,433$) e 3 ($2,400 \pm 4,624$) em relação ao controle ($0,00 \pm 0,00$) com $p= 0,1045$, segundo teste de Kruskal-Wallis.

Na análise de genotoxicidade foram encontradas anomalias cromossômicas e nucleares dos tipos pontes anafásicas, quebras cromossômicas, C-metáfase e brotamentos (figura 5).

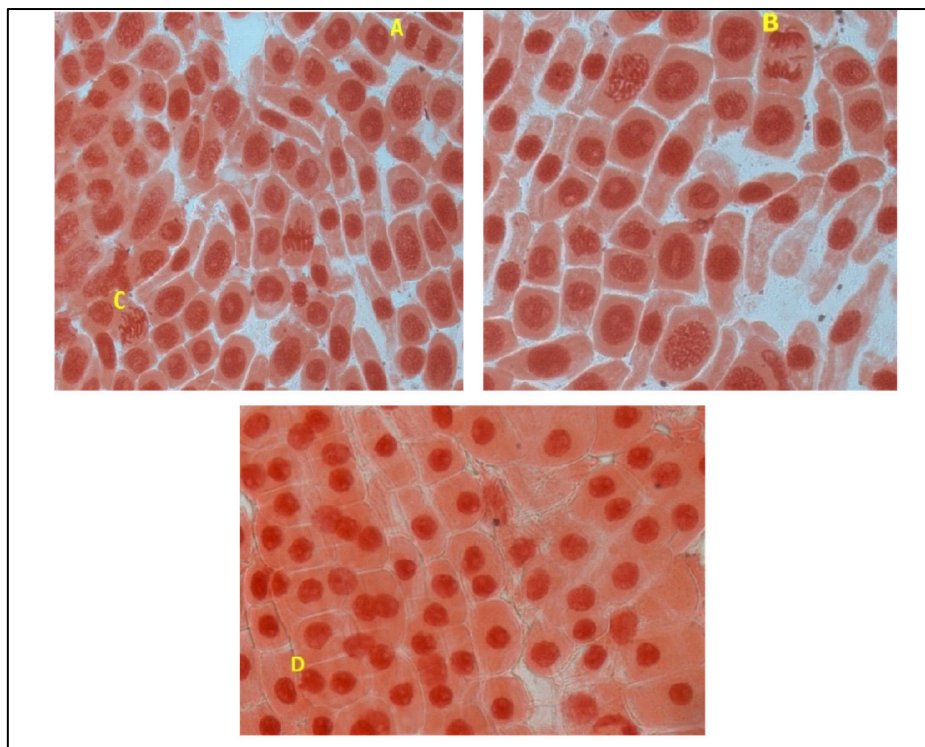


Figura 5. Imagens de células meristemáticas de *A. cepa* em processo de divisão mitótica. Anomalias observadas: A – Ponte anafásica, B – Quebra cromossômica, C – Metáfase e D – brotamento.

Os resultados do IAC das duas estações foram comparados entre si conforme observado na figura 8.

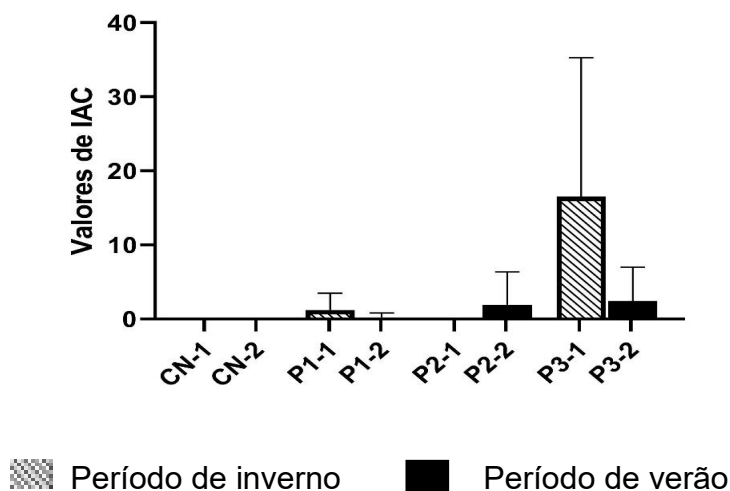


Figura 6. Valores do índice de alteração cromossômica no teste de *A. cepa* com as amostras de água do Rio Juruá, comparando os períodos de inverno e verão.

Apesar dos pontos 1, 2 e 3 apresentarem anomalias cromossômicas em relação ao controle durante os períodos analisados, com a presença de pontes anafásicas, quebras cromossômicas, C-Metáfases e brotamento, não houve diferença estatística significativa quando comparado com os períodos sazonais ($P= 0.0079$) e ($P= 0.1045$) segundo teste de Mann-Whitney.

3.2. DISCUSSÃO

3.2.1. Avaliação da Citotoxicidade

Varaschini et al. (2019) estudaram os danos celulares causados pela água em bioensaios de *A. cepa* e apontaram que tanto o aumento, quanto a diminuição do IM poderiam ser indicadores relevantes para monitorar níveis de poluição em ambientes contaminados por compostos potencialmente tóxicos e citotóxicos.

O ponto 3 apresentou menor alteração no período de inverno amazônico e maior alteração no período de verão amazônico, o que torna essa situação preocupante, uma vez que as alterações na qualidade da água a tornam prejudicial para a biodiversidade local. Em conversas informais com os funcionários dos postos, a procura por combustíveis chega a ser duas vezes maior no inverno do que no verão, além disso, o ponto 3 é o posto que mais vende gasolina e diesel, em ambos os períodos.

Em pesquisas realizadas em cidades dos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Rondônia (BIANCHI et al., 2011; CUCHIARA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012; FARIA et al., 2017), a fim de analisar a qualidade da água, foi verificado que durante a estação chuvosa não houve diferença estatística no parâmetro de citotoxicidade das amostras analisadas quando comparadas ao controle. Isso se deve, provavelmente, à quantidade de chuvas acentuadas nesse período, o que provavelmente ocasionou a diluição ou até mesmo dispersão dos contaminantes, de modo que a concentração não foi suficiente para alterar a maioria dos índices analisados.

A sazonalidade influencia a redução do volume de água dos rios, influenciando diretamente a concentração de substâncias tóxicas. Ao analisar as diferenças estatísticas dos pontos entre os períodos de coleta, o ponto 3 apresentou um aumento significativo ($40,36 \pm 6,915$ $p < 0,001$) do IM no período correspondente ao verão.

Outros elementos de destaque que se pode observar a forte influência antrópica no perímetro urbano, principalmente pela intensa atividade pesqueira no período de seca do rio,

além da presença de lixo nas margens provenientes das ocupações humanas, despejo de esgoto doméstico e manchas de óleo iridescentes na água provavelmente causadas pelo abastecimento das embarcações, que no período de cheia é acentuado.

3.2.2. Avaliação Genotóxica

Scalon (2009), ao estudar o efeito genotóxico da água do Rio dos Sinos no Rio Grande do Sul, aponta que a redução do volume de água dos rios contribuiu diretamente com a concentração de substâncias tóxicas entre as amostras analisadas.

Gomes et al. (2015) realizaram um estudo no rio Guandu no Rio de Janeiro, onde encontraram potenciais citotóxicos e genotóxicos que refletem o estado de contaminação dos afluentes, enfatizando a importância de estudos de biomonitoramento, pois os poluentes podem induzir mutações e câncer.

Esse resultado pode estar relacionado ao fato do ponto 3 ser o posto com maior venda no período de inverno como informado pelos funcionários. Cruz et al. (2014) realizaram um estudo de comparação de solos contaminados com biodiesel, óleo diesel e petróleo, onde encontraram IM e IAC relativamente baixos quando comparados entre si, sem indução de anomalias cromossômicas, apenas solos contaminados com óleo induziram efeitos genotóxicos, concluindo que em locais com altas atividades petrolíferas os efeitos acumulativos do petróleo podem ser irreversíveis para o solo. Tamada et al. (2012) também observaram que a mudança causada pela biodegradação do biodiesel pode gerar alterações no pH da água e no solo ao observar células de alface (*Lactuca sativa*).

Efeitos clastogênicos que acarretam alterações cromossômicas estruturais como pontes anafásicas ou quebras dão origem a células que não são capazes de manter o funcionamento adequado, que permanecem se dividindo e propagando os danos da célula genitora. Os efeitos aneugênicos, como alterações no número de cromossomos, C-metáfase, perdas, atrasos, aderência e multipolaridade debilitam o funcionamento da célula, sendo estes relacionados a doenças de origem genética humanas (MALAKAHMAD; ABD; SIVAPALAN, 2015). Os brotamentos assim como multinucleação são consequências de anormalidades nucleares (PALSIKOWSKI et al., 2017; DUSINSKA et al., 2019, PROLO JÚNIOR et al., 2019).

Segundo Souza et al. (2009), algumas alterações como brotamento e quebras cromossômicas estão relacionados a algum tipo de anormalidade observada em solo contaminado por petróleo. Mesmo não sendo possível observar índices estatisticamente

significantes, nota-se que a presença desses contaminantes pode interferir na qualidade da água e dos solos, sendo necessária a promoção de estudos de monitoramento no local a fim de identificar os agentes poluentes.

4. CONCLUSÃO

Os dados obtidos por meio deste estudo sugerem a presença de agentes de potencial citotóxico e genotóxico na água do Rio Juruá de entorno aos postos de combustíveis fluviais. Tais achados podem ser atribuídos em parte aos resíduos de combustíveis fósseis descartados ou acidentalmente despejados na água por conta de vazamentos, promovendo alterações cromossômicas, nucleares e reduzindo a proliferação celular dos meristemas de *A. cepa*. Essa contaminação pode ocasionar desastres ambientais que promovem diversos danos como visto neste trabalho, tornando necessário o acompanhamento e ações de proteção da qualidade da água local com estudos de biomonitoramento, tendo em vista o comprometimento da biodiversidade local e da saúde de muitas famílias, que utilizam recursos alimentares provenientes da pesca no Rio Juruá.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. X.; MEDEIROS, F. P. M.; MELO, A. J. M.; SILVA, J. C.; DANTAS, J. P. Avaliação do efeito mutagênico da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) através do Teste de Micronúcleos em medula óssea de ratos (*Rattus norvegicus*, linhagem Wistar). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, nº. 2, 2005.
- AMARAL, I. C. C.; et al. Avaliação ambiental de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) e biomarcadores de genotoxicidade em trabalhadores de postos de combustíveis. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. 1, p. 1-14, 2017.
- ANACLETO, L. R.; ROBERTO, M. M., MARIN-MORALES, M. A. Toxicological effects of the waste of the sugarcane industry, used as agricultural fertilizer, on the test system *Allium cepa*. **Chemosphere**, v. 173, p. 31-42, 2017.
- BAGATINI, M.D.; SILVA, A.C.F. da; TEDESCO, S. B. Uso do sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador de genotoxicidade de infusões de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 3, p. 444-447, 2007.
- BIANCHI, J.; ESPINDOLA, E. L. G.; MARIN-MORALES, M. A. Genotoxicity and mutagenicity of water samples from the Monjolinho River (Brazil) after receiving untreated effluents. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 826-833, 2011.

BOER, J. de; HOEIJMAKERS, J. HJ. Nucleotide excision repair and human syndromes. **Carcinogenesis**, v. 21, n. 3, p. 453-460, 2000.

CARITÁ, R. **Avaliação do potencial genotóxico e mutagênico de amostras de águas de recursos hídricos que recebem efluentes urbanos e industriais do polo ceramista da cidade de Santa Gertrudes-SP.** Cidade de Santa Gertrudes – SP. (Dissertação) Mestrado em Ciências Biológicas: Biologia Celular e Molecular - Universidade Estadual Paulista, 2010.

COSTA, R. M. A.; MENK, C. F. M. Biomonitoramento de mutagênese ambiental. **Biotecnologia: ciência e desenvolvimento**, v. 3, n. 12, p. 24-26, 2000.

CRUZ J. M, TAMADA I. S, LOPES P. R. M, MONTAGNOLLI R. N, BIDOIA E. D. Biodegradation and phytotoxicity of biodiesel, diesel, and petroleum in Soil. **Water Air Soil Pollut**, n. 225, p. 1962–1965, 2014.

CUCHIARA, C. C.; BORGES, C. de S.; BOBROWSKI, V. L. Sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador da citogenotoxicidade de cursos d'água. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 6, n. 1, p. 33-38, 2012.

DUSINSKA, M.; MARIUSSEN, E.; RUNDÉN-PRAN, E.; HUDECOVA, A. M.; ELJE, E.; KAZIMIROVA, A.; et al. **In Vitro Approaches for Assessing the Genotoxicity of Nanomaterials**. In: ZHANG, Q. Nanotoxicity. Methods in Molecular Biology, Humana Press, New York, NY, v. 1894, 2019.

FARIA, M. L. C.; COSTA, F. M.; SILVA, F. C.; BOSSO, R. M. V. Potencial de citotoxicidade e mutagenicidade das águas do rio Jaru, estado de Rondônia, em células de *Allium cepa*. **Revista Gaia Scientia**, v. 11, n. 2, p. 104-114, 2017.

FATIMA, R.A.; AHMAD, M. Genotoxicity of industrial wastewaters obtained from two different pollution sources in northern India: a comparison of three bioassays. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 609, n. 1, p. 81-91, 2006.

FREITAS, F.A.P.S.; UCHÔA, I.S.; MAGALHÃES, M.D.A.V. Importância do Teste de Micronúcleos como Instrumento Preventivo em Saúde Geral e Ambiental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 68530-68542, 2020.

GALLI, C. S.; ABE, D. S. Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas. **Instituto Internacional de Ecologia**, p. 165-173, 2010.

GOMES, J. V., TEIXEIRA, J. T. S., LIMA, V.M., BORBA, H.R., 2015. Induction of cytotoxic and genotoxic effects of Guandu River waters in the *Allium cepa* system. **Rev Ambient Água**, v. 10, n. 1, p. 48-58.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **INMET: Clima**. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/progt>>. Acesso em: 20/07/2021.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application. Mutation Research/Reviews in **Mutation Research**, v. 692, p. 71- 81, 2009.

LEVAN, A. The effect of colchicine on root mitoses in *Allium*. **Hereditas**, v. 24, n. 4, p. 471-486, 1938.

MALAKAHMAD, A.; ABD MANAN, T. S.; SIVAPALAN, S. Detection methods of carcinogens in estuaries: A review. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 10, n. 5, p. 601-619, 2015.

MASCHIO, L.R. **Avaliação do potencial citotóxico, genotóxico e mutagênico das águas do Rio Preto na área de influência da região de São José do Rio Preto/SP**. (Tese) Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2009.

MENEGUETTI, D. U. O.; et al. Adaptação da Técnica de Micronúcleo em *Allium cepa* para Futuras Análises de Mutagenicidade dos Rios da Região do Vale do Jamari, Rondônia, Amazônia Ocidental. **Revista Pesquisa & Criação**, v. 10, n. 2, p. 181-187, 2011.

MENEGUETTI, D. U. O.; LIMA, R. A.; SILVA, J. B.; SILVA, R. P.; PAGOTTO, R. C.; FACUNDO, V. A. Análise Citotóxica e Mutagênica do Extrato Aquoso de *Maytenus guyanensis* Klotzsch Ex Reissek (Celastraceae) Chichuá (Xixuá) Amazônico. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 301-309, 2014.

MINDRISZ, A. C. Avaliação da contaminação da água subterrânea de poços tubulares, por combustíveis fósseis, no município de Santo André, São Paulo: uma contribuição à gestão ambiental. São Paulo [Tese de Doutorado], 2006. **Research**, v. 650, p. 202-209, 2006.

NETO, J. X. A.; MEDEIROS, F. P. M.; MELO, A. J. M.; SILVA, J. C.; DANTAS, J. P. Avaliação do efeito mutagênico da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) através do Teste de Micronúcleos em medula óssea de ratos (*Rattus norvegicus*, linhagem Wistar) IN VIVO. **Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 2, 2005.

OLIVEIRA, J. P.V.; SANTOS, R. N. dos.; PIBERNAT, C. C.; BOEIRA, J. M. Genotoxicity and physical chemistry analysis of waters from Sinos River (RS) using *Allium cepa* and *Eichhornia crassipes* as bioindicators. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, n.1, p. 15-22, 2012.

PACHECO, M.; SANTOS, Maria Ana. Biotransformation, endocrine, and genetic responses of *Anguilla anguilla* L. to petroleum distillate products and environmentally contaminated waters. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 49, n. 1, p. 64-75, 2001.

PALSIKOWSKI, P. A.; ROBERTO, M. M.; SOMMAGGIO, L. R. D.; SOUZA, P. M. S.; MORALES, A. R.; MARIN-MORALES, M. A. Ecotoxicity Evaluation of the Biodegradable Polymers PLA, PBAT and its Blends Using *Allium cepa* as Test Organism. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 26, p. 938–945, 2017.

PRADO, L. F.; et al. **Avaliação físico-química da qualidade da água pluvial em Catalão (GO)**. (Dissertação) Mestrado em Geografia – Universidade Federal de Goiás, Catalão – GO, 2020.

PROLO JÚNIOR, S. L.; PAIXÃO, H. C. S.; SILVESTRE, L. N. S.; SILVA, R. P. M.; MENEGUETTI, D. U. O. **Análise Genotóxica: Métodos e Aplicações**. In: Ciência, Inovação e Tecnologia na Amazônia. 1ª ed.: Stricto Sensu Editora, 2019.

PROLO JÚNIOR, S.L.; PAIXÃO, H. C. S.; SILVA, T. L.; SILVA, F. C.; FURTADO, C. D.; SILVA, R. P. M.; et al. Methodological adaptation for genotoxic and mutagenic evaluation using the *Allium cepa* test. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, in press. 2021.

SCALON, M.C. S. **Avaliação dos Efeitos Genotóxicos da Água do Rio dos Sinos sobre Peixes e Vegetais**. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2009.

SILVA, A. E. P.; et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta amazônica**, v. 38, p. 733-742, 2008.

SOUZA T. S.; HENCKLEIN F. A.; ANGELIS D. F.; GONÇALVES R. A.; FONTANETTI C. S. The *Allium cepa* bioassay to evaluate landfarming soil, before and after the addition of rice hulls to accelerate organic pollutants biodegradation. **Ecotoxicol Environ Saf**, v. 72, p. 1363–1368, 2009.

TAMADA I. S.; MONTAGNOLLI R. N.; LOPES P. R. M.; BIDOIA E. D. Toxicological evaluation of vegetable oils and biodiesel in the soil during the biodegradation process. **Braz J Microbiol**, v. 43, p. 1576–1581, 2012.

TROLLY, T. S.; et al. **Avaliação de genotoxicidade em peixes de duas áreas portuárias do Rio Tapajós, no Oeste do Pará**. (Tese) Doutorado - Universidade Federal do Oeste do Pará, 2019.

TUNDISI, J.G.; et al. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008.

VARASCHINI, F. R. et al. DANOS CELULARES CAUSADOS PELA ÁGUA AVALIADOS PELO BIOENSAIO DE *Allium cepa*. **Acta Elit Salutis**, v. 1, n. 1, p. 9, 2019.

VARGAS, R. R.; et al. A influência do uso e ocupação da terra na qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Pedrinhas, Guarulhos (SP). **Ciência e Natura**, v. 41, p. 61, 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

LEVANTAMENTO DOS RISCOS À SAÚDE DO TRABALHADOR ADVINDAS DO USO DE AGROTÓXICOS DOMÉSTICO E AGRÍCOLA NA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI

Tarcisio Mendes Silva¹, Renata Torres Pessoa¹, Lucas Yure Santos da Silva¹, Isabel Sousa Alcântara¹, Ana Dark Torres Pessoa¹, Cicero Pedro da Silva Junior¹, Aparecida Barros da Silva¹, Larissa da Silva¹, Shennovy Marllon dos Santos¹ e Roger Henrique Sousa da Costa¹

1. Universidade Regional do Cariri, Crato, Ceará, Brasil.

RESUMO

No Brasil, o consumo de agrotóxicos cresceu bastante nas últimas décadas, e seu uso frequente favorece os riscos de contaminação dos solos, águas superficiais e subterrâneas e de alimentos, como também a saúde humana. Tornando-se necessário a atenção das instituições acerca do uso frequente de tais substâncias. Este estudo teve como objetivo realizar um levantamento sobre o uso de agrotóxicos no contexto da agricultura familiar da região metropolitana do cariri. Foi realizado um levantamento de dados do número de casos baseado nas intoxicações por agrotóxicos de uso doméstico e agrícola, de 2008 a 2018 na região metropolitana do cariri e aplicado questionário a agricultores familiares nas feiras de produtos realizadas na cidade de Crato-CE acerca do uso de agrotóxicos doméstico e agrícola. Observou-se que as cidades de Crato, Juazeiro do norte e Barbalha apresentaram um total de 804 casos de intoxicação, sendo Barbalha com 310, Juazeiro do norte com 263 por último o Crato com 231 casos registrados. Foi aplicado um questionário a 24 agricultores e vendedores na feira agrícola da cidade do Crato, onde foram feitas perguntas relacionadas ao uso dos agrotóxicos. Quando questionados sobre a utilização de agrotóxicos 87,5% disseram não fazer uso de agrotóxicos e 12,5 % disseram utilizar ou que já utilizaram agrotóxicos. Apesar de alguns entrevistados relatarem que não utilizam agrotóxicos a um grande número de pessoas que tiveram casos de intoxicação na região metropolitana do cariri, podendo estar relacionado à falta de assistência técnica que é um grande problema na maioria dos casos.

Palavras-chave: Agrotóxico, Intoxicação e Saúde humana.

ABSTRACT

In Brazil, the consumption of pesticides has grown considerably in recent decades, and their frequent use increases the risk of contamination of the soil, surface and ground water, and

food, as well as human health. It is necessary for institutions to pay attention to the frequent use of such substances. This study aimed to conduct a survey on the use of pesticides in the context of family farming in the metropolitan region of Cariri. A data survey of the number of cases based on poisoning by pesticides for domestic and agricultural use, from 2008 to 2018 in the metropolitan region of cariri was conducted and a questionnaire was applied to family farmers at the produce fairs held in the city of Crato-CE about the use of domestic and agricultural pesticides. It was observed that the cities of Crato, Juazeiro do Norte and Barbalha presented a total of 804 cases of poisoning, being Barbalha with 310, Juazeiro do Norte with 263 lastly Crato with 231 registered cases. A questionnaire was applied to 24 farmers and vendors at the agricultural fair in the city of Crato, where questions related to the use of pesticides were asked. When asked about the use of pesticides 87.5% said they do not use pesticides and 12.5% said they use or have used pesticides. Although some respondents reported that they do not use pesticides, there is a large number of people who have had cases of poisoning in the metropolitan region of Cariri, which may be related to the lack of technical assistance, which is a major problem in most cases.

Keywords: Agrotóxico, Intoxicação and Human Health.

1. INTRODUÇÃO

O uso mais antigo de agrotóxicos que se tem registro, é acerca do ano 1200 a.C. (antes de Cristo), envolveu a utilização de sal e de cinzas em campos conquistados por exércitos bíblicos, para tornar as terras improdutivas (JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009). O segundo registro, foi datado por volta do ano 1000 a.C., relatado pelo poeta Homero que escreveu sobre a queima de enxofre para fumigar os lares gregos, onde essa substância atua como inseticida e penetram nos insetos por inalação (PEIXOTO, 2010).

Pesquisa realizada por Jardim, Andrade, Queiroz (2009) e Peixoto (2010), descreve que no ano 900 depois de Cristo têm-se uns dos primeiros e mais importante registro do uso de agrotóxicos pelos chineses através do uso de arsênio, usado com pesticida, o qual voltou a ser usado por volta dos séculos XV e XVI assim como o mercúrios, sendo os dois elementos químicos usados no combate de pragas em plantios.

Estudo de Terra e Pelaez (2009), relatam que o uso de agrotóxicos no Brasil começou a ser difundido durante o período conhecido como a *modernização da agricultura nacional*, entre os anos de 1945 e 1985, mas só a partir de 1975 que a instalação da indústria de agrotóxicos efetivou-se.

No Brasil, o consumo de agrotóxicos cresceu bastante nas últimas décadas, transformando o país em um dos líderes mundiais no consumo de agrotóxicos (FARIA; FASSA; FACHINNI, 2007). Entre 1972 e 1998, a quantidade de ingrediente ativo que é a principal substância de um agrotóxico cresceu 4,3 vezes, passando de 28.043 toneladas

para 121.100 toneladas/ano (ALVES FILHO, 2002). Entre os anos de 1977 e 2006, consumo de agrotóxico no país se expandiu em média 10% fazendo assim com que o Brasil estivesse entre os seis países que mais consomem agrotóxicos no mundo desde 1970 a 2007 (TERRA; PELAEZ, 2009).

Segundo o Decreto Federal Brasileiro (DFB) n. 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entendem-se por agrotóxicos: “produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento das plantas.

De modo similar, a EPA (2007) define o termo agrotóxico como sendo uma substância química ou mistura de substâncias utilizadas para prevenir, destruir, repelir ou mitigar qualquer praga, ou mesmo, para regular, desfolhar e dessecar plantas. Segundo Jobim et al. (2010), essa tecnologia agrícola ao mesmo tempo que gera crescimento econômico, provoca riscos ao meio ambiente e à saúde humana. O uso de forma abusiva acarreta em problemas que vão desde o agravo à saúde humana à problemas ambientais no que diz respeito à fauna e a flora (VIERO et al., 2016).

Pesquisa realizada por Jardim, Andrade e Queiroz (2009), indicam que o uso frequente de agrotóxicos favorece os riscos de contaminação dos solos, de águas superficiais e subterrâneas e de alimentos, podendo inviabilizar o consumo destes, apresentando efeitos negativos para organismos terrestres e aquáticos, como a intoxicação pelo consumo, além da intoxicação ocupacional de trabalhadores de produtos rurais.

Segundo o INCA (2019), as pessoas mais afetadas são: (1) os agricultores que estão em contato direto com os agrotóxicos através da sua aplicação nos cultivos e (2) os trabalhadores das indústrias de agrotóxicos que sofrem diariamente seus efeitos durante sua manipulação, entretanto toda a população está suscetível a exposições a agrotóxicos, por meio de consumo de alimentos e água contaminados.

A exposição aos agrotóxicos pode estar diretamente associada a uma série de doenças, dependendo do produto que foi utilizado, do tempo de exposição e quantidade de produto absorvido pelo organismo (INCA, 2019). Podendo gerar danos nos mecanismos de defesa celular e alterações nas atividades de telômeros e transtornos mentais, bem como,

depressão, ansiedade. Além de distúrbios respiratórios e lesões musculares (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

São inúmeros os casos de contaminação ambiental resultantes da irresponsabilidade de empresas fabricantes e formuladoras de agrotóxicos, bem como do agronegócio, que é grande usuário de venenos (AUGUSTO et al., 2012). E até mesmo a sua utilização em pequena proporção em residências, como as finalidades de eliminadores de ervas daninhas no gramado ou jardim, também com controladores de algas no tratamento de águas de piscinas e também nos aerossóis para matar insetos (JARDIM; ANDRADE; QUEIROZ, 2009).

O Ministério da Saúde estima que, no Brasil, anualmente, existem aproximadamente mais de 400 mil pessoas contaminadas por agrotóxicos, com cerca de 4 mil mortes (CARNEIRO et al., 2014; MOREIRA et al., 2002). Notando assim que o país possui um déficit de informações sobre as intoxicações agudas e crônicas em trabalhadores devido a uma ineficiência dos sistemas de registros, porém existem vários sistemas oficiais que registram intoxicações por agrotóxicos no país, mas nenhum deles tem respondido adequadamente como instrumento de vigilância em saúde deste tipo de agravo (EPA, 2007; CARNEIRO et al., 2014).

O Presente estudo teve como objetivo geral realizar um levantamento sobre o uso de agrotóxicos no contexto da agricultura familiar da região metropolitana do cariri. Os objetivos específicos foram buscar informações a nível municipal acerca das notificações devido a intoxicações por agrotóxicos e pesquisar sobre o etnoconhecimento dos produtores rurais locais que fazem parte da agricultura familiar com relação aos riscos advindos do uso de agrotóxicos para saúde e uso de agrotóxicos.

2. MÉTODOS

Inicialmente, foi realizado um levantamento de dados do número de casos, número de óbitos por faixa etária, sexo e zona de ocorrência baseado nas intoxicações por agrotóxicos de uso doméstico e agrícola, de 2008 a 2018, no Nordeste e a nível municipal nas cidades de Crato (-7.2369112 -39.4149236), Juazeiro do Norte (-7.2153453 -39.3153336) e Barbalha (-7.3121067 -39.3036427) no estado do Ceará. Os dados foram

coletados das plataformas de registro de notificações SINITOX e SINAN. Todos os dados coletados foram organizados no Excel e tabulados no Prism 6.0.

Foram aplicados questionários (figura 03) para verificar o etnoconhecimento dos agricultores familiares nas feiras de produtos realizadas na cidade de Crato-CE acerca do uso de agrotóxicos doméstico e agrícola. Para os entrevistados que não usavam agrotóxicos, somente as perguntas de número 9, 10 e 18 foram feitas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS

As cidades estudadas de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha apresentaram um total de 804 casos de intoxicação, a cidade que apresentou maior número de casos foi Barbalha, com 310 casos, seguido de Juazeiro do Norte que apresentou 263 casos e por último Crato com 231 casos registrados a faixa etária 20 – 59 prevalece em todas as cidades como sendo a mais acometida pelas intoxicações (Figura 1).

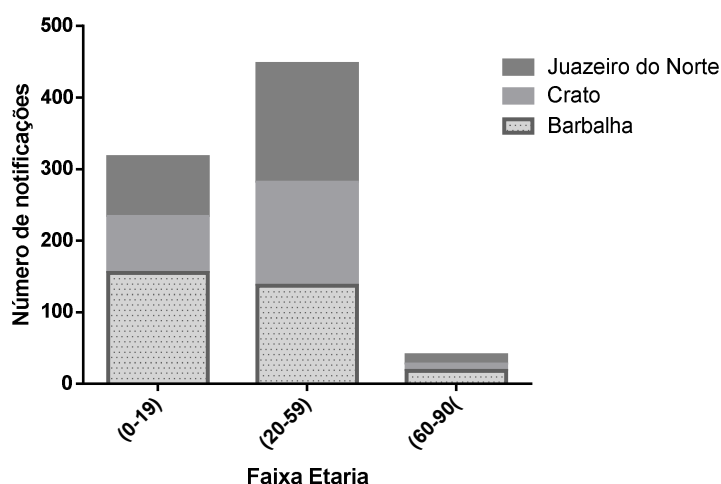


Figura 1. Uso de Agrotóxico por Município/Faixa Etária.

Representação das notificações de intoxicação exógena (Agrotóxico agrícola, Agrotóxico doméstico) registradas no Sinan Net – Ceará no período de 2008-2018, dos Municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, considerando as Faixa Etária (0-19), (20-59), (60-90+).

A figura 2 mostra as notificações de intoxicação por agrotóxico de uso agrícola e uso doméstico, com base nas notificações registradas no SINAN no mesmo período de tempo

(2008-2018), por município de notificação. No município de Barbalha 61,3% das notificações foram do sexo feminino e 38,8% do sexo masculino. Em Crato, 64,9% das notificações foram do sexo feminino e 35,1% do sexo masculino. Em Juazeiro do Norte, 72% dos casos foram do sexo feminino enquanto 28% foram do sexo masculino.

Pode se observar que há uma maior prevalência no número de casos em relação ao sexo feminino em todos os municípios. Barbalha teve o maior número de casos para o sexo feminino (196), mas a prevalência de casos no mesmo sexo foi em Juazeiro do Norte, pois houve menos registros quando somados todas as notificações nesse município.

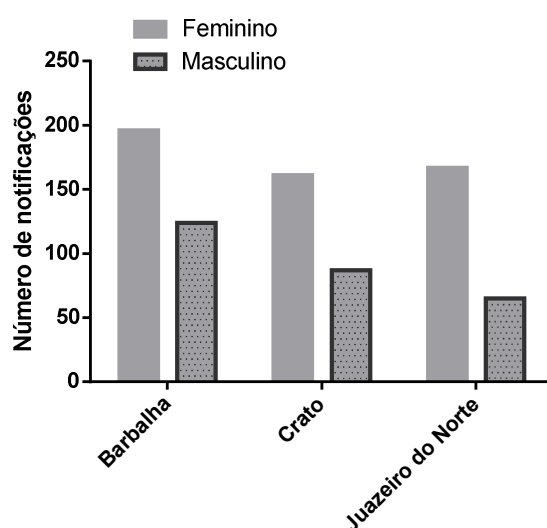


Figura 2. Número de casos e óbitos notificados na região metropolitana do cariri.

Número de casos e óbitos notificados para os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte com base no SINAN no período de 2008 a 2018.

3.1.1. Questionários

Realizou a aplicação de 24 questionários nas feiras agrícolas da cidade do Crato – CE no ano de 2019, onde foram feitas perguntas relacionadas ao uso dos agrotóxicos, os entrevistados consistiam em vendedores e agricultores. Dentre os entrevistados 66,67 % pertenciam ao sexo masculino e 33,33 % eram do sexo feminino. Os entrevistados possuíam faixa etária entre 22 e 82 anos.

Quando questionados sobre a utilização de agrotóxicos 87,5% (21) disseram não fazer uso de agrotóxicos e 12,5 % (3) disseram utilizar ou que já utilizaram agrotóxicos.

Dos 87,5% que responderam não utilizar agrotóxicos, quando perguntados de conheciam o pictograma disposto nas embalagens dos agrotóxicos, 14,3% responderam que

“sim”, 71,4% (15) não entendia o que significava, 4,8% (1) não acham importante e 9,5% (2) não responderam.

Quando perguntados de sabiam se os agrotóxicos teriam efeito tóxico 85,7% (18) responderam que sabia e 14,3% responderam que não.

Quando perguntados se sabiam sobre a classificação dos agrotóxicos, 85,71% (18) respondeu não conhecer e 14,29% (3) respondem que sabia.

Como relação aos entrevistados que responderam “sim” para o uso de agrotóxicos, 2 afirmaram ter usado anteriormente e 1 afirmou ainda usar. O quadro 1 mostra a resposta de cada um com base nas perguntas.

Quadro 1. Questionário.

PERGUNTAS	RESPOSTAS	
1. FAZ USO DE AGROTÓXICO?	(2) JÁ USARAM, MAS NÃO USA MAIS	(1) USA
2. COM QUE FREQUÊNCIA?	(2) SEMPRE QUE PODIAM	(1) SEMPRE QUE PODE
3. QUAIS OS TIPOS?	(1) NÃO SABE	(1) PRAGUICIDA (1) PRAGUICIDA E HERBICIDA
4. ONDE ADQUIRE?	(3) CASA AGROPECUÁRIA	
5. DE QUEM RECEBE ORIENTAÇÃO?	(2) DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO	(1) DE VIZINHO QUE INDICA
6. CONHECE A RECEITA AGRONÔMICA?	(1) CONHECE	(2) NÃO CONHECEM O DOCUMENTO
7. LÊ A RECEITA AGRONÔMICA?	(2) LEEM PARCIALMENTE	(1) NÃO RESPONDEU
8. LÊ OS RÔTULOS E BULAS?	(3) SIM	
9. CONHECE A CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA?	(1) SIM, LENDO O RÔTULO, BULA, OU RECEITA AGRONÔMICA	(2) NÃO
10. SOBRE O PICTOGRAMA NOS RÔTULOS?	(2) NÃO ENTENDEM O QUE SIGNIFICA	(1) SIM

11. USA EPI's?	(1) SIM PARCIALMETE	(2) SIM, COMPLETO (LUVA, MÁSCARA, CAMISA DE MANGA LONGA)	
12. O QUE FAZ COM OS EPI'S APÓS USO?	(1) REUTILIZAVA	(1) DESCARTA NO LIXO COMUM	(1) NÃO RESPONDEU
13. QUEM MAIS FAZ USO?	(2) SIM, O VIZINHO	(1) SIM	
14. SE PREOCUPA COM A PRESENÇA DE PESSOAS ENQUANTO PREPARA A CALDA?	(2) SIM	(1) NÃO, NÃO ME INCOMODO COM A PRESENÇA	
15. USA A QUANTIDADE RECOMENDADA?	(3) SIM, SIGA À RISCA AS INSTRUÇÕES, SEMPRE		
16. ONDE DESCARTA A EMBALAGEM?	(1) JOGA EM BURACO, GUARDAVA EM DEPÓSITO COBERTO E FECHADO	(2) JOGA FORA	
17. EXISTE POSTO DE RECOLHIMENTO DE EMBALAGEM?	(1) NÃO RESPONDEU	(2) NÃO, NÃO SOU INFORMADO	
18. CONHECE OS EFEITOS TÓXICOS?	(2) SIM	(1) NÃO	
19. JÁ SOFREU INTOXICAÇÃO OU ALGUÉM DA FAMÍLIA?	(3) NÃO		

Dentre as perguntas comuns a todos, os entrevistados que responderam “sim” para o uso de agrotóxicos na pergunta 9, em relação a classificação toxicológica dos agrotóxicos 1 respondeu que possuía conhecimento sobre esta classificação de riscos, enquanto 2 relataram não possuir conhecimento. Quanto à pergunta 10 em relação ao conhecimento do pictograma apresentado nos rótulos e nas bulas 1 disse possuir conhecimento e 2 disseram não entender o que significa. Em relação aos efeitos dos agrotóxicos no organismo, na pergunta 18, e 2 disseram conhecer que os agrotóxicos possuem efeito tóxico, enquanto 1 disse não conhecer os efeitos danosos.

Em relação as perguntas específicas sobre a utilização de agrotóxicos, estas foram respondidas somente por quem respondeu utilizar agrotóxicos. Todos relataram utilizar sempre que necessário e que utilizam tanto praguicidas como herbicidas, adquiridos em casa agropecuárias. Quando questionados onde recebiam as orientações para o uso dos agrotóxicos relataram receber orientações do engenheiro ou técnico agrônomo e de vizinhos. Sobre a utilização do receituário agrônômico somente uma pessoa relatou possuir conhecimento desse documento e lê-lo, enquanto os outros dois entrevistados disseram não possuir conhecimento do documento. Os entrevistados afirmaram lê os rótulos e as bulas dos agrotóxicos.

Em relação aos usos de EPIs todos relataram fazer o uso, sendo que 2 utilizavam de forma completa e 1 apenas parcialmente. Todos entrevistados falaram que seguem as regras recomendadas para a aplicação dos agrotóxicos, e quando perguntados sobre a presença de pessoas no local somente 1 dos entrevistados relatou que não se incomodava com a presença. Em relação ao descarte dos EPIs, 1 respondeu que reutilizava, 1 que descartava no lixo comum e 1 não respondeu.

Com relação ao descarte das embalagens, afirmaram jogar fora ou enterrar, pois não possuíam conhecimento de um posto de recolhimento das embalagens. E quando questionados se sofreram algum tipo de intoxicação decorrente do uso dos agrotóxicos, os mesmos relataram não ter sentido nenhum tipo de sinal ou sintoma.

3.2. DISCUSSÃO

Segundo o Banco Mundial, o aumento da disponibilidade de alimentos requer intensificação agrícola (PIERIK; KLEBANOFF, 2007). Portanto, além das terras e variedades de cultivos, também se destaca o uso intensivo de agrotóxicos, não para aumentar a produtividade das culturas, mas para ajudar a controlar potenciais perdas por ataques de pragas (TRABERT et al., 2012).

Apesar de alguns entrevistados relatarem que fazem a utilização de agrotóxicos tem-se um grande número de pessoas que tiveram casos de intoxicação na região metropolitana do cariri, pode ser devido à falta de assistência técnica que é um grande problema na maioria dos casos, pode-se esperar que os pequenos produtores recebam menos assistência do que os grandes produtores.

No entanto, os pequenos produtores não são mais responsáveis do que os grandes produtores pelas externalidades causadas pelo uso de agrotóxicos. Deve ficar claro que, o

risco é maior para os pequenos produtores, pois na grande maioria utilizam pulverizadores do tipo costal (SOARES, 2002) que exige maior exposição dos aplicadores aos agrotóxicos. Intoxicações, danos à biota e ao meio ambiente são frequentemente associados a aplicações mais frequentes e em maior escala e exposições de longo prazo, como pulverização aérea, embora possam levar a acidentes graves. Esse tipo de aplicação, por sua vez, é mais frequente em estabelecimentos com grandes extensões de terra, tipicamente monoculturas.

4. CONCLUSÃO

Atualmente, o Brasil é um dos principais exportadores de produtos agrícolas e o primeiro mercado mundial para o consumo de agrotóxicos, embora seu consumo médio por hectare ainda seja inferior ao de vários países. Isso abre espaço para uma série de políticas para regular o uso dessas substâncias nocivas à saúde humana e aos ecossistemas. Caso não seja implementado, o uso de agrotóxicos no país, e seu impacto na saúde e no meio ambiente, poderá se intensificar ainda mais nos próximos anos.

5. REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. P. **Uso de agrotóxicos no Brasil – controle social e interesses corporativos**. São Paulo: Annablume, 2002.

AUGUSTO, L. G. S.; CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; FARIA, N. M. X.; et al. **Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Associação Brasileira de Saúde Coletiva – ABRASCO. Rio de Janeiro, 2012

BRASIL. Presidência da República. **Decreto Federal Brasileiro nº 4.074 de 2002**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm> Acesso em: 05/06/2019.

CARNEIRO, F. F.; DELGADO, G.; AUGUSTO, L.; ALMEIDA, V. Os Impactos dos agrotóxicos na saúde, trabalho e ambiente no contexto do agronegócio no Brasil. In: **Texto de Subsídio a IV Conferência Nacional de Saúde dos Trabalhadores e Trabalhadoras**, 2014.

EPA. Environmental Protection Agency. **Pesticides**, 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/pesticides/>>. Acesso em: 05/06/2019.

FARIA, N. M. X.; FASSA, A. G.; FACHINNI, L. A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12 n. 1, p. 25-38, 2007.

INCA. Instituto Nacional do Câncer. **Agrotóxicos**. Ministério da Saúde. Disponível em: <inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotóxicos>. Acesso em: 05/06/2019.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. de A.; QUEIROZ, S. C. do N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 996-1012, 2009.

JOBIM, P. F. C; NUNES, L. N; GIUGLIANI R; CRUZ, I. B. M. Existe uma associação entre mortalidade por câncer e uso de agrotóxicos? Uma contribuição ao debate. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n.1, p. 277-288, 2010.

LOPES, C. V. A; ALBUQUERQUE, G. S. C. de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

MOREIRA, J.C.; JACOB, S.C.; PERES, F.; LIMA, J. S.; MEYER, A.; OLIVEIRA-SILVA, J. J. et al. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

PEIXOTO, S. C. **Validação e aplicação de método empregando QuEChRS modificado e GC-ECD para determinação de resíduos de pesticidas em grão e casca de arroz**. (Tese) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

PIERIK, F.; KLEBANOFF, M. Maternal pregnancy serum level of heptachlor epoxide, hexachlorobenzene, and beta-hexachlorocyclohexane and risk of cryptorchidism in offspring. **Environmental Research**, v. 105, n. 3, p. 364-369, 2007.

SOARES, W.L., MORO, S., ALMEIDA, R.M.V.R. Rural workers' health and productivity: an economic assessment of pesticide use in Minas Gerais, Brazil. *Appl. Health Econ.* **Health Policy**, v. 1, n. 3, p. 157–164, 2002.

TERRA, F. H. B.; PELAEZ, V. A história da indústria de agrotóxicos no Brasil: das primeiras fábricas na década de 1940 aos anos 2000. In: **Anais. 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 2009.

TRABERT, B.; LONGNECKER, M. P.; BROCK, J. W.; KLEBANOFF, M. A.; MCGLYNN, K. A. Maternal pregnancy levels of trans-nonachlor and oxychlordan and prevalence of cryptorchidism and hypospadias in boys. **Environmental Health Perspectives**, v. 120, n. 3, p. 478-482, 2012.

VIERO, C. M.; COMPOGARA, S.; CESAR-VAZ, M. R; COSTA, V. Z.; BECK, C. L. C. Sociedade de risco: o uso dos agrotóxicos e implicações na saúde do trabalhador rural. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v. 20, n. 1, p. 99-105, 2016.

APLICAÇÃO DE ILUSTRAÇÕES CIENTÍFICAS EM PEIXES NO VALE DO JURUÁ

Marcos Vitor Rosas da Páscoa¹, Aerisson Nogueira Freire¹, Nilciane Almeida DoMonte¹, Cassius Santos da Silva¹ e Lucena Rocha Virgilio²

1. Universidade Federal do Acre, Núcleo de Ictiologia do Vale do Juruá (NIVAJ), Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil;
2. Universidade Federal do Acre, Laboratório de Ecologia Aquática, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil.

RESUMO

A ilustração científica pode retratar a fauna de peixes do alto Juruá e contribuir com a divulgação e descrição de importantes espécies dessa região. Pois, enfatiza a descrição precisa do objeto de estudo, considerando a qualidade estética e a comunicação através da temática científica. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo descrever a fauna de peixes de água doce do vale do Juruá através da ilustração científica com a técnica do Pontilhismo. O estudo foi realizado na região do Alto Juruá em torno dos municípios de Cruzeiro do Sul - Acre e Guajará - AM, Brasil. As ilustrações foram feitas em cartolinas com canetas esferográficas através do pontilhismo. Foram desenhadas cinco ordens pertencentes a 12 famílias e 33 espécies de peixes, sendo que a ordem Siluriformes e Characiformes foram as que tiveram maior número de espécies ilustradas. A técnica de pontos trouxe uma nova forma de observação, ressaltando curvas e linhas de estruturas das placas ósseas das espécies que não foram possíveis serem observadas a olho nu. Detalhes e curvas do formato das manchas indicou um efeito ótico que foi observado quando a espécie ainda não foi fixada em formol. Em conclusão, os resultados obtidos com as ilustrações permitiram uma catalogação das espécies de peixes levando em consideração os detalhes muitas vezes imperceptíveis a olho nu. Portanto, a ilustração científica conciliou a ciência e a arte em um modelo de comunicação de caráter mais próximo da metodologia científica, possibilitando a melhor compreensão das estruturas em sua verdadeira essência.

Palavras-chave: Pontilhismo, Ictiofauna, Amazônia ocidental e Characiformes.

ABSTRACT

The scientific illustration can portray the fish fauna of the upper Juruá and contribute to the dissemination and description of important species in this region. Well, it emphasizes the precise description of the object of study, in such a way that it considers aesthetic quality and communication through scientific themes. In this sense, the present study aimed to describe the freshwater fish fauna of Vale do Juruá through scientific illustration with the pointillism technique. The study was carried out in the Alto Juruá region of the Western Amazon around

the municipalities of Cruzeiro do Sul - Acre and Guajará - AM, Brazil. The fish were captured from March 2019 to April 2021, during periods of the Drought and Flood hydrological cycle. The illustrations were made on cardboard with Ballpoint Pens using the pointillism technique. Five orders belonging to 12 families and 33 species of fish were drawn, with the order Siluriformes and *Characiformes* having the highest number of illustrated species. The dot technique brought a new form of observation, highlighting curves and lines of structures of the bone plates of the species that were not possible to be observed with the naked eye. Details and curves of the shape of the spots indicated an optical effect that was observed when the species had not yet been fixed in formalin. In conclusion, the results obtained with the illustrations allowed a cataloging of fish species taking into account the details that are often imperceptible to the naked eye. And so, scientific illustration reconciled science and art in a communication model closer to scientific methodology, enabling a better understanding of structures in their true essence.

Keywords: Pointillism, Ichthyofauna, Western Amazon and Characiformes.

1. INTRODUÇÃO

A ilustração científica desde muitos anos atrás é um item extremamente importante na divulgação do trabalho científico, sendo um trabalho que foca na representação de um determinado material biológico, obedecendo as medidas, proporções e contraste de cores, para que se tenha um bom resultado (ARAUJO, 2009). Diversos naturalistas, anatomistas, botânicos, dentre outros, deram uma contribuição à ciência demonstrando seus estudos através de ilustrações, como, por exemplo, Charles Darwin, em seu livro *A origem das espécies*, no qual fez ilustrações de pássaros e plantas (BAUMANN, 2016). Para a produção de uma ilustração científica, são utilizadas várias técnicas em que o ilustrador escolhe a que mais lhe agrada e que possui resultados satisfatórios (ARAUJO, 2009). Normalmente, o ilustrador se especializa em uma das técnicas para a produção de suas obras (MOURA; RIBEIRO; SILVA, 2016).

Dentre as diversas técnicas, pode-se destacar o pontilhismo, na qual destaca áreas de sombra e luz por meio de pontos feitos com a utilização de caneta nanquim, pois é excelente para reproduções de pontilhismo e de linhas, aplicada com materiais diversos como bico de pena, canetas recarregáveis ou descartáveis (ARAUJO, 2009). Também é possível utilizar caneta pincel, onde os resultados são satisfatórios. Os pontos próximos uns dos outros permite uma ilusão de óptica em que torna o desenho realista, sendo de grande importância principalmente na produção de ilustrações científicas (MOURA; RIBEIRO; SILVA, 2016). O pontilhismo proporciona o preenchimento de detalhes que conseguem

expressar de forma natural a ilustração desejada. Com essa técnica é possível desenvolver a ilustração de várias espécies, inclusive de peixes.

A diversidade de peixes da Amazônica pode chegar a 8.000 espécies (VARI; MALABARBA et al., 1998), sendo considerada uma das regiões com mais biodiversidade do planeta (REIS et al., 2016). Espécies distribuídas em riachos, rios e lagos, além de apresentar espécies que vem sendo descritas todos os anos (REIS et al., 2016; WINEMILLER et al., 2016). Historicamente, esta região apresenta uma alta complexidade biótica e abiótica em seus habitats, o que pode influenciar na riqueza de peixes, que são peças fundamentais na manutenção do funcionamento ecológico, cultural, econômico e de subsistência dos ribeirinhos amazônicos (JUNK et al., 2018). Para Barthem e Fabré (2003), estudar a ictiofauna e sua distribuição é de extrema importância para o ecossistema e a conservação dos ambientes. Nesse sentido, estudos que descrevam a fauna de peixes é de extrema importância, principalmente em regiões ainda pouco estudadas como a Amazônia Ocidental (SILVA; VIRGILIO, 2019). Assim, usar a ilustração científica para retratar a fauna de peixes do alto Juruá pode contribuir com a divulgação e descrição de importantes espécies dessa região. Pois a ilustração científica enfatiza a descrição precisa do objeto de estudo, de tal forma que considera a qualidade estética e a comunicação através da temática científica (HODGES, 2003). Além disso, possibilita a imersão do indivíduo na busca das diferentes fontes de informações para a produção de desenhos mais apurados (TROTTA; SPINILLO, 2016). Onde o aprofundamento no assunto busca transpor corretamente os aspectos ligados à caracteres morfológicos e a simetria para que demonstrem uma aparência mais natural ao invés de mecânica (HODGES, 2003).

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo descrever a Fauna de peixes de água doce do Vale do Juruá através da ilustração científica com a técnica do Pontilhismo.

2. MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na região do Alto Juruá na Amazônia Ocidental em torno dos municípios de Cruzeiro do Sul - Acre e Guajará - AM, Brasil (07° 37' 52" S e 72° 40' 12" W). Foram selecionadas seis sub-bacias, nessa região, sendo: Rio Juruá (7°40'34.1"S 72°39'39.5"W), Rio Crôa (7°71'48.30"S 72°53'34.98"W), Rio Môa (7°37'18"S 72°47'47"W),

Rio Paranã ($7^{\circ}17'13''\text{S } 72^{\circ}36'49''\text{W}$), Rio Gama ($7^{\circ}37'13''\text{S } 72^{\circ}16'49''\text{W}$), e Rio Santa Rosa ($7^{\circ}39'43.6''\text{S } 72^{\circ}48'44.4''\text{W}$) (Figura 1).

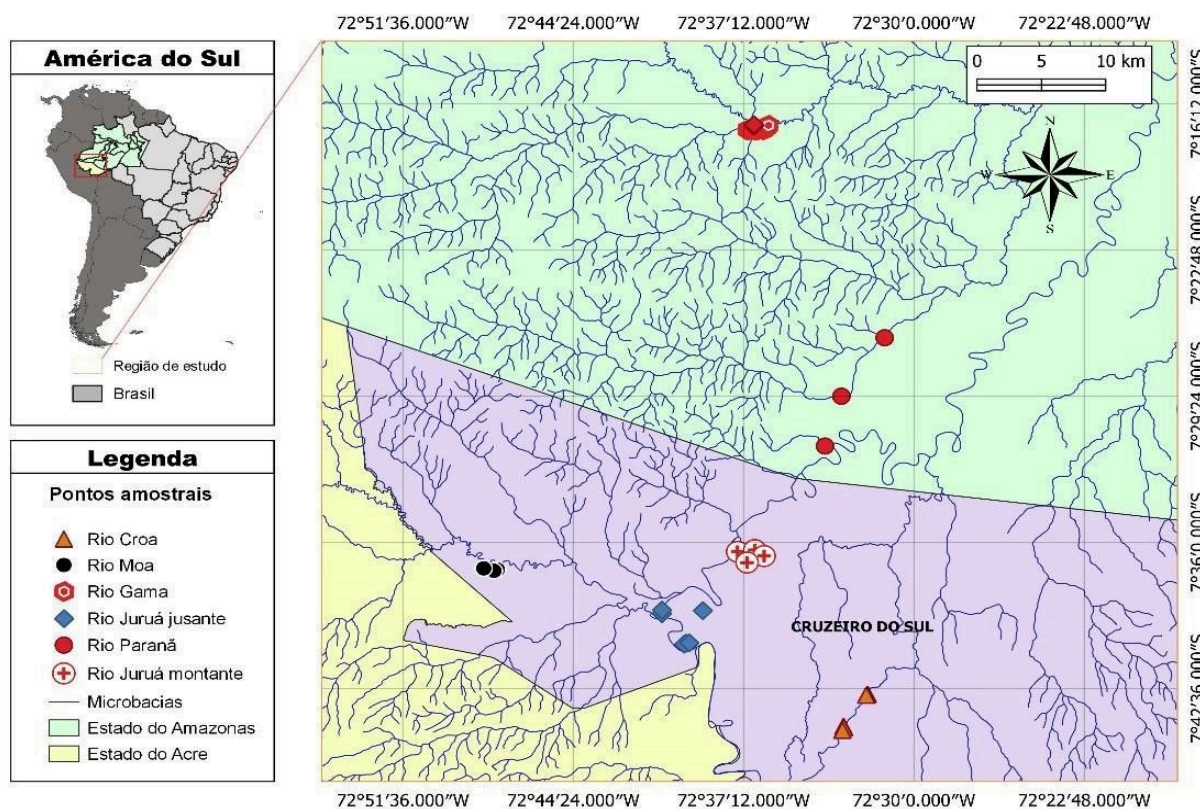


Figura 1. Áreas de amostragem de parasitos de peixes no Vale do Juruá, Amazônia Ocidental.

Fonte: Laboratório de Ecologia Aquática, 2022.

2.2. COLETA DE DADOS

Os peixes foram capturados (SISBIO 59642-2/2019) em março de 2019 a abril de 2021, em períodos do ciclo hidrológico de Estiagem (maio, junho, agosto e setembro) e inundação (novembro, dezembro, fevereiro e março).

Foram realizadas coletas passivas de peixes utilizando-se 12 redes de espera com 80 m de comprimento e 3,0 m de altura, distribuídas em malhas 1,5 cm, 2,5 cm, 3,5 cm, 5,5 cm entre nós opostos, em áreas de rios, lagos e riachos. As redes foram instaladas no início da tarde, permanecendo expostas durante 24 horas. As despescas foram realizadas a cada 4 horas, no qual foram obtidas amostras para os períodos da manhã, tarde e noite. As coletas ativas foram feitas com uma rede de arrasto de 25 m de comprimento e 2,5 m de altura, onde foram passadas nas margens de lagos, rios e riachos. Uma tarrafa com 12m de comprimento

e 1,8 m de altura também foi utilizada para as amostragens nos ambientes, durante 24 horas, a cada 4 horas foram realizados seis lances na margem, seis na correnteza e seis em áreas de remanso.

Os peixes capturados foram identificados conforme bibliografia especializada (SILVANO, 2001; QUEIROZ et al., 2013; SILVANO, 2021), medidos, pesados e necropsiados. Alguns indivíduos, após a biometria, foram fixados em formalina a 10% e levados para o laboratório, onde foram depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal do Acre.

2.3. ILUSTRAÇÃO CIENTÍFICA

Após o processo de captura, algumas espécies foram fotografadas para observação para iniciar o processo de ilustração científica utilizando a técnica de pontilhismo que proporciona o preenchimento de detalhes que conseguem expressar de forma natural o desenho. Ou seja, através da observação minuciosa, as ilustrações foram desenvolvidas de forma lenta e gradual, onde as características morfológicas dos peixes mais escuras tiveram uma carga maior de pontos, e para representar uma região mais clara ou iluminação, uma carga menor ou nula de pontos foi representada.

Essas ilustrações foram organizadas em um catálogo que indicou as espécies de peixes do Alto Juruá. As ilustrações foram feitas em cartolinas com Canetas Esferográficas Bic Cristal Preto 875056, o tempo estimado para a realização de todos os desenhos foi de aproximadamente 20 meses. Todos os desenhos foram scaneados e o catálogo com as descrições básicas das espécies foram relatadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS

Foram coletados no total 2781 indivíduos pertencentes a cinco ordens, 12 famílias e 33 espécies de peixes, sendo que a ordem Siluriformes e Characiformes foram as que tiveram maior número de espécies ilustradas.

Hoplias malabaricus Bloch, 1794 foi a espécie ilustrada com maior abundância (n=439), seguida por *Corydoras armatus* Günther, 1868.

Com exceção da ordem Cichliformes, o restante das espécies ilustradas de peixes não apresentou cores vivas, nesse sentido essa técnica permitiu detalhar algumas características estruturais das espécies, como os olhos e escamas dos Characiformes, curvatura das placas ósseas dos siluriformes, assim como escamas e linha lateral dos Cichliformes.

A técnica de pontos trouxe uma nova forma de observação, ressaltando curvas e linhas de estruturas das placas ósseas das espécies da família Doradidae e Loricariidae que não foi possível serem observadas a olho nu. No caso dos Cichliformes, os detalhes e curvas do formato das manchas indicou um efeito ótico que foi observado quando a espécie ainda não tinha sido fixada em formol.

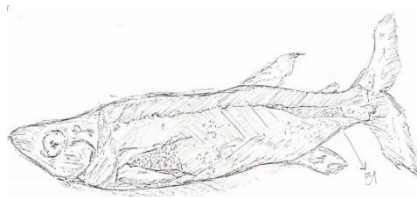
Characiformes

Acestrorhynchidae

Acestrorhynchus microlepis Schomburgk, 1841.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Localidade-tipo: Rio Crôa, Môa e Juruá.

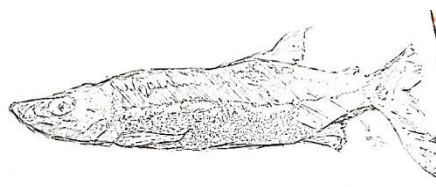
Medidas: Média do Comprimento total: 21,4 cm Média do peso: 0,72 g

Descrição: Esta espécie tem o corpo alongado e a nadadeira caudal bifurcada. Possui de 96 a 131 escamas na linha lateral; 25 a 39 escamas ao redor do pedúnculo caudal, distância da margem posterior da órbita à origem da nadadeira dorsal sempre maior que a distância desta última base da nadadeira caudal (QUEIROZ et al., 2013)

Acestrorhynchus falcistrostris Cuvier, 1819.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 16,2 cm; Comprimento total médio: 18,2 cm; peso: 0,53 g

Descrição: Esta espécie na fase adulta possui duas manchas escuras grandes, a de cima separando da de baixo por uma linha pálida muito estreita e 140 a 175 escamas na linha lateral (QUEIROZ et al., 2013).

Anostomidae

Leporinus fasciatus Bloch, 1794.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 12 cm; Comprimento total médio: 9 cm; peso: 0,78 g.

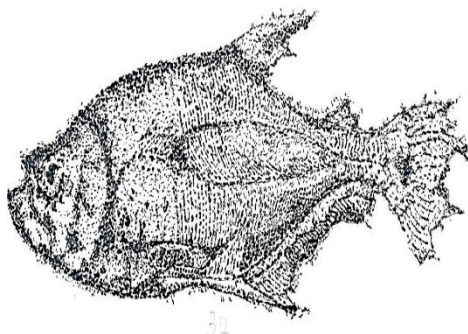
Descrição: Oito a dez barras escuras transversais; linha lateral com 43 a 44 escamas; 8 a 9 séries de escamas acima da linha lateral; 4 dentes de cada lado de cada maxila; nadadeiras ventrais hialinas (QUEIROZ et al., 2013).

Cynodontidae

Roeboides myersii Gill, 1870.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

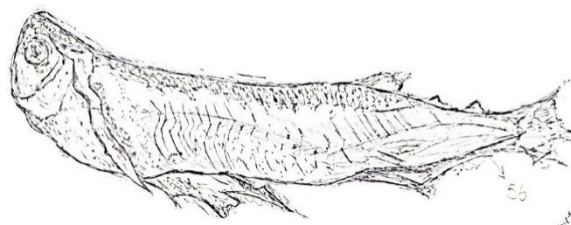
Medidas: Comprimento padrão médio: 12 cm; Comprimento total médio: 13 cm; peso: 0,36 g.

Descrição: Corpo alto. Perfil dorsal formando uma gibosidade desde o terço posterior da órbita até a origem da nadadeira dorsal; a partir daí, reto e declinando abruptamente até o final da base dessa nadadeira, desse ponto continua reto e segue declinando suavemente, até o início do pedúnculo caudal onde, após sutil concavidade, eleva até a base dos raios superiores da nadadeira caudal. Perfil dorsal da cabeça reto ou levemente convexo sob o terço posterior da órbita até o final do focinho. Perfil ventral marcadamente convexo desde a

ponta da mandíbula até a origem da nadadeira anal, reto a partir daí até o pedúnculo caudal (QUEIROZ et al., 2013).



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

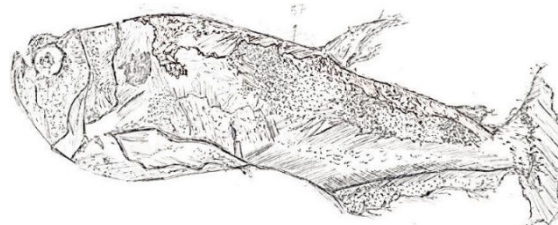
Medidas: 24 cm; comprimento total médio: 27,6 cm; Peso: 0,105g.

Descrição: Essa espécie de peixe é comumente chamada de cachorra ou peixe vampiro devido as suas características: dentes bastantes grandes, com olhos bem desenvolvidos, escamas bastante pequenas e corpo alongado. *Rhaphiodon vulpinus* é a única espécie do gênero e é a mais amplamente distribuída dentre os Cynodontinae, e estudos de revisão do gênero reconhecem apenas uma espécie em toda área de distribuição (TOLEDO-PIZA, 2000).

Cynodon gibbus Agassiz, 1829.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 20,2 cm; Comprimento total médio: 22,3 cm; peso: 0,131 g.

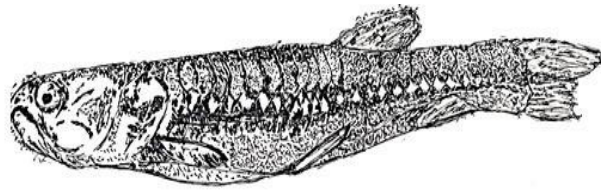
Descrição: Essa espécie de peixe é comumente chamada de cachorra, tem a boca superior. Nadadeira dorsal posicionada ligeiramente posterior à vertical que passa pelo meio do corpo; 60 ou mais raios ramificados na nadadeira anal; altura do corpo 19,8 a 26,4% do comprimento padrão (QUEIROZ et al., 2013).

Erythrinidae

Hoplerythrinus unitaeniatus Spix; Agassiz 1829.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

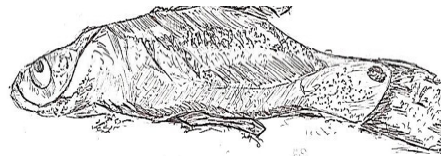
Medidas: 14,3 cm; Comprimento total médio: 17,5 cm; peso: 0,55 g.

Descrição: Esta espécie possui mancha negra arredondada na região pósterio-superior do opérculo presente; extremidade posterior do maxilar sempre ultrapassando a vertical que passa pela margem posterior da órbita; faixa longitudinal escura na lateral do corpo quase sempre presente (QUEIROZ et al., 2013).

Hoplias malabaricus Bloch, 1794.



Fonte: NIVAJ, 2022.



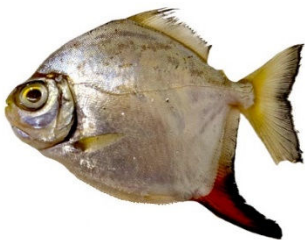
Fonte: MARCOS, 2022. 2022

Medidas: Comprimento padrão médio: 28,4 cm; Comprimento total médio: 34,6 cm; peso: 0,300 g.

Descrição: Olhos ligeiramente voltados para cima e nadadeiras com pintas marrom ou preta. Margens medianas dos dentários convergindo bastante em direção à sínfise mandibular, formando um V em vista ventral; placas dentíferas sobre a superfície da língua presentes (QUEIROZ et al., 2013).

Serrasalmidae

Myloplus rubripinnis Müller;Troschel, 1844.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: 11,6 cm; Comprimento total médio: 13,8 cm; peso: 0,43 g.

Descrição: Possui o corpo arredondado e a nadadeira anal bem desenvolvida. – Nadadeira caudal uniformemente clara ou com a borda distal acinzentada e com limite anterior difuso; 22– 25 raios ramificados na nadadeira dorsal; focinho adunco (QUEIROZ et al., 2013).

Serrasalmus maculatus Kner, 1858.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 14 cm; Comprimento total médio: 17,5 cm; peso: 0,16 g

Descrição: corpo com pintas pretas e nadadeira caudal com listras pretas. Mancha umeral grande (de mesmo tamanho ou maior que o diâmetro orbital), com contorno difuso; 31–34 raios ramificados na nadadeira anal; 106–110 escamas perfuradas na linha lateral; perfil da cabeça côncavo (QUEIROZ et al., 2013).

Pygocentrus nattereri Kner, 1858.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 16,4 cm; Comprimento total médio: 19,2 cm; peso: 0,12g

Descrição: Possui o corpo arredondado e bastante robusto. Cabeça e queixo largos, distância interorbital contida 46,9–50,0% CC; focinho obtuso; perfil pré-dorsal suavemente convexo, sem concavidade evidente na região frontal acima dos olhos; dentes no pré-maxilar e dentário pentacuspídeos; presença de poucos dentes pequenos e baixos no palato em exemplares adultos (QUEIROZ et al., 2013).

Serrasalmus rhombeus Linnaeus, 1766.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 12 cm; Comprimento total médio: 0,16 cm; peso: 0,18g.

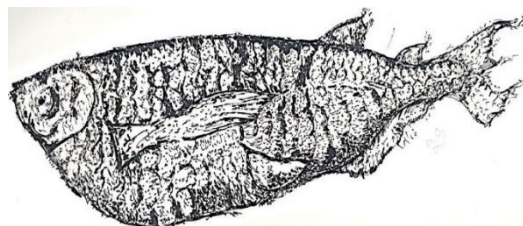
Descrição: Corpo arredondado e olhos vermelhos e escamas prateadas. Padrão de pigmentação do corpo com manchas escuras alongadas verticalmente na porção mais dorsal dos lados do corpo (QUEIROZ et al., 2013).

Triportheidae

Triportheus angulatus Spix; yaAgassiz, 1829



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 13 cm; Comprimento total médio: 16 cm; peso: 0,26 g.

Descrição: boca voltada para cima e nadadeira caudal com uma lista horizontal preta. Corpo relativamente alto, geralmente mais que 30% do comprimento do corpo; duas escamas grandes entre a origem do raio mais interno da nadadeira peitoral e a margem ventral da quilha peitoral; corpo com uma série de manchas escuras ao longo das séries de escamas, e uma listra preta média ao longo dos raios da nadadeira caudal (YAMAMOTO et al., 2004).

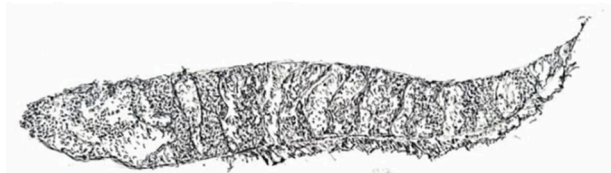
GYMNOTIFORMES

Gymnotidae

Gymnotus curupira Crampton; Thorsen; Albert, 2005.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento total médio: 36 cm; peso: 0,90 g.

Descrição: Bandas claras e escuras com larguras semelhantes, a maioria das bandas ramificadas ventralmente, formando um padrão de Y invertido, podendo haver bandas escuras formando um padrão de X na metade anterior do corpo; nadadeira anal com região clara na extremidade mais posterior (QUEIROZ et al., 2013).

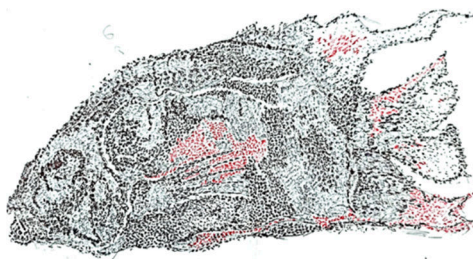
CICHLIFORMES

Cichlidae

Astronotus ocellatus Agassiz, 1831.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

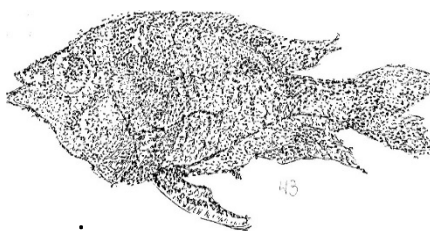
Medidas: Comprimento padrão médio: 9 cm; Comprimento total médio: 11,3 cm; peso: 0,78g.

Descrição: essa espécie tem uma grande variedade de nomes, acaraju, acaraguaju, curaju e oscar. Possui uma pinta preta com bordas vermelhas na nadadeira caudal e manchas pelo corpo (QUEIROZ et al., 2013).

Biotodoma cupido Heckel, 1840.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

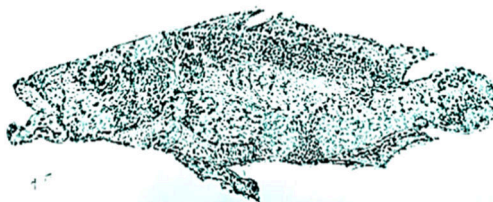
Medidas: Comprimento padrão médio: 7,5 cm; Comprimento total médio: 0,070 cm; peso: 0,025 kg.

Descrição: Uma característica marcante dessa espécie é a presença de uma mancha escura situada em posição mais dorsal e bem posterior do flanco, próximo ao final do ramo anterior da linha lateral (QUEIROZ et al., 2013).

Crenicichla cincta Regan, 1905.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022

Medidas: Comprimento padrão médio: 16,8 cm; Comprimento total médio: 19,5 cm peso: 0,105g

Descrição: possui listras verticais ao longo do corpo e nadadeira dorsal com vários espinhos (QUEIROZ et al., 2013).

Sciaenidae

Plagioscion squamosissimus Heckel, 1840.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022

Medidas: Comprimento padrão médio: 19,3 cm; Comprimento total médio: 22,3 cm; peso: 0,103 g.

Descrição: Distância do ânus até a origem da nadadeira anal 3,6–5,6 no comprimento da cabeça (média 4,4 [10% dos indivíduos podem exibir valores de 3,1 a 3,5]); dentes das maxilas de tamanhos desiguais (QUEIROZ et al., 2013).

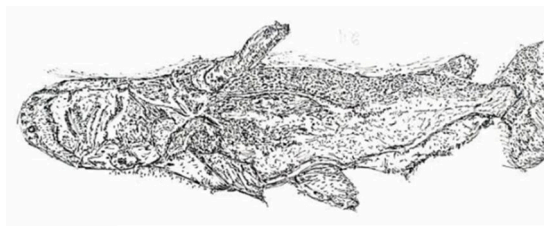
SILURIFORMES

Auchenipteridae

Ageneiosus inermis Linnaeus, 1766.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 43,9 cm; Comprimento total médio: 41,8 cm; peso: 0,438g.

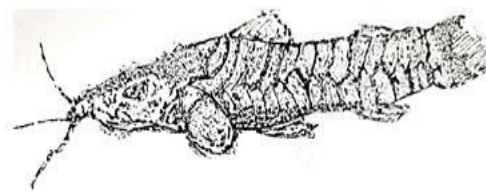
Descrição: Tem uma boca grande comparado com o seu corpo, devido a isso ele leva o nome popular de bocão, tem o corpo da cor branca com manchas escuras na cabeça (QUEIROZ et al., 2013).

Callichthyidae

Megalechis picta Valenciennes, 1840.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

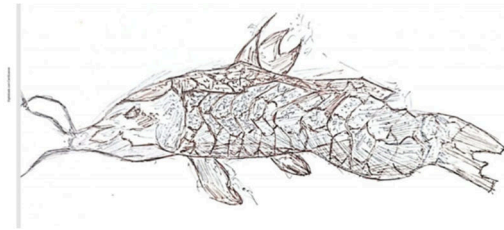
Medidas: Comprimento padrão médio: 11,8 cm; Comprimento total médio: 15 cm; peso: 0,55 kg

Descrição: Tem o corpo coberto por placas ósseas e a sua nadadeira lateral possui listras verticais (QUEIROZ et al., 2013).

Leptoplosternum beni Reis, 1997.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 5 cm; Comprimento total médio: 6 cm; peso: 0,045 g.

Descrição: corpo coberto por placas ósseas, barbilhões e o e pintas pretas (QUEIROZ et al., 2013).

Corydoras armatus Günther, 1868.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 5,2 cm; Comprimento total médio: 6,7 cm; peso: 0,05 g.

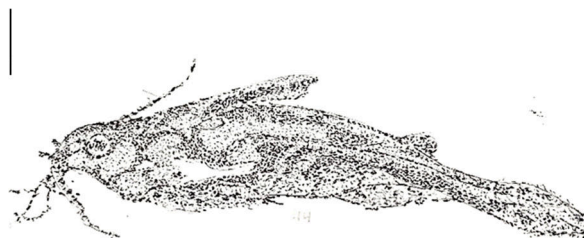
Descrição: corpo branco coberto de pintas brancas e uma mancha na parte superior da cabeça (QUEIROZ et al., 2013).

Doradidae

Anadoras weddellii Castelnau, 1955.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 8,6 cm; Comprimento total médio: 10,4 cm peso: 0,08g.

Descrição: carapaça óssea na cabeça e espinhos na linha lateral (QUEIROZ et al., 2013).

Nemadoras cf. humeralis Kner, 1855.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

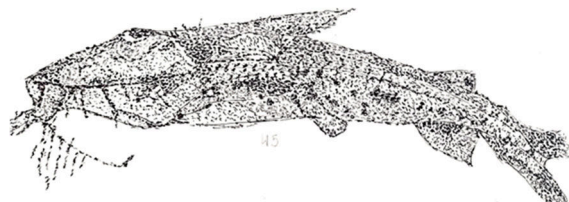
Medidas: Comprimento padrão médio: 9,3 cm; Comprimento total médio: 10,9 cm; peso: 0,15g.

Descrição: focinho longo com barbilhões e espinhos acompanhando a linha lateral (QUEIROZ et al.,2013).

Opsodoras boulengeri Steindachner, 1915.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

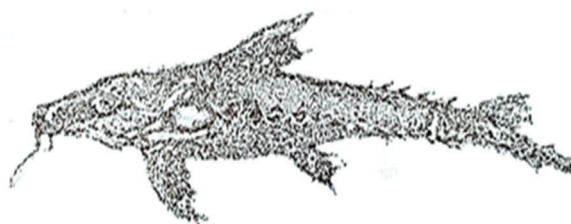
Medidas: Comprimento padrão médio: 12,5 cm; Comprimento total médio: 15,4 cm; peso: 0,70 g.

Descrição: focinho longo com barbilhões e espinhos acompanhando a linha lateral (QUEIROZ et al.,2013).

Oxydoras niger Valenciennes, 1821.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 27,4 cm; Comprimento total médio: 34,8 cm peso: 0,421g.

Descrição: Focinho longo; corpo e cabeça comprimidos; dentes ausentes (QUEIROZ et al.,2013).

Loricariidae

Hypoptopoma steindachneri Boulenger, 1895.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

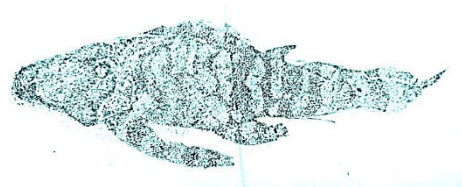
Medidas: Comprimento padrão médio: 16,1 cm; Comprimento total médio: 18,3 cm; peso: 0,13g.

Distribuição: corpo coberto por placas ósseas, boca inferior e cabeça achatada (QUEIROZ et al.,2013).

Peckoltia vittata Steindachner, 1881.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

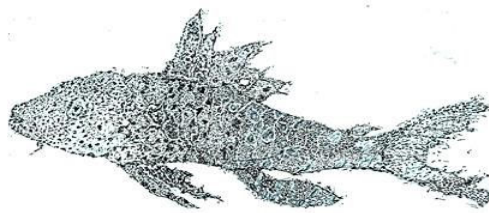
Medidas: 12,4 cm; Comprimento total médio: 15 cm; peso: 0,343g.

Descrição: *Peckoltia vittata* pode ser diferenciada das demais congêneres pelo padrão de colorido conspicuo. Além das bandas escuras sobre o dorso e usualmente também sobre as nadadeiras, a presença de faixas escuras na cabeça: sobre o mesetmoide, da ponta do focinho ao interorbital; sobre as narinas, da ponta do focinho à margem anterior da órbita; e sobre os infraorbitais, da margem lateral do focinho à margem inferior da órbita (QUEIROZ et al.,2013).;

Ancestres sp. Eigenmann; Eigenmann, 1889.



Fonte: NIVAJ, 2022.

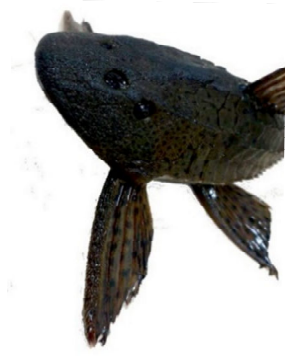


Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 12,3 cm; Comprimento total médio: 14,7 cm; peso: 0,030 g.

Descrição: Perfil dorsal do corpo elevando-se convexamente da ponta do focinho até a origem da nadadeira dorsal, então reta ou ligeiramente convexa a adiposa, e côncava de que apontam para a nadadeira caudal. Perfil ventral do corpo reto, ligeiramente convexa no pedúnculo caudal. Pedúnculo caudal comprimido; ligeiramente achatado ventralmente. (QUEIROZ et al.,2013).;

Hypostomus pyrineusi Miranda Ribeiro 1920.



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 21 cm; Comprimento total médio: 24 cm; peso: 0,052 kg

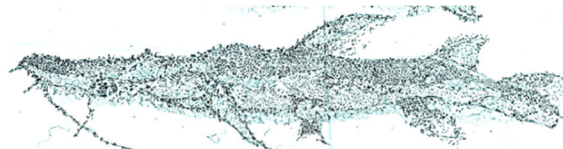
Descrição: corpo coberto por placas e dentes especializados em comer madeira (QUEIROZ et al.,2013).

Pimelodidae

Sorubim lima Bloch; Schneider, 1801.



Fonte: NIVAJ, 2022.

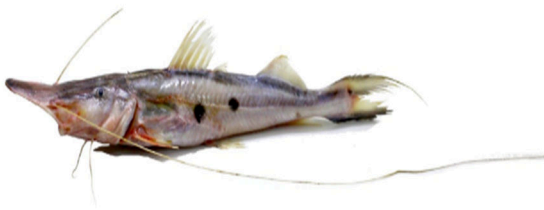


Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 30 cm; Comprimento total médio: 28 cm; peso: 0,115 g.

Descrição: cabeça achatada, focinho longo e apresenta uma linha vertical preta ao longo do corpo (QUEIROZ et al.,2013).

Platystomatichthys sturio Kner, 1858



Fonte: NIVAJ, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: 14 cm; Comprimento total médio: 16 cm; peso: 0,032 kg.

Descrição: possui focinho alongado e grandes barbilhões (QUEIROZ et al.,2013).

PLEURONECTIFORMES

Achiridae

Hypoclinemus mentalis Günther, 1862



Fonte: MARCOS, 2022.



Fonte: MARCOS, 2022.

Medidas: Comprimento padrão médio: 12,8 cm; Comprimento total médio: 15 cm; peso: 0,052g.

Descrição: Uma das características desta espécie o lábio superior espesso e evidente, um aspecto não destacado na maioria dos aquirídeos, nos quais o lábio superior é quase sempre fino e total ou parcialmente encoberto pelo lábio inferior e por projeções dérmicas da região nasal e da base da nadadeira dorsal (Ramos, 1998) (QUEIROZ et al.,2013).

3.2. DISCUSSÃO

Com a técnica de Pontilhismo foi possível descrever a fauna de peixes de água doce presentes no Vale do Juruá, o pontilhismo foi feito a partir de pontos diminutos, a justaposição das cores separadas por espaços brancos muito reduzidos resultou na mistura de imagens tornando os desenhos nas cores preto e branco. Além disso, os detalhes das placas ósseas, linha lateral, padrões de manchas, olhos e nadadeiras das espécies se tornaram mais visíveis do que nas imagens fotográficas, o que pode auxiliar no destaque dessas estruturas para descrição morfológica. Segundo Pereira et al. (2017), a técnica de pontilhismo auxilia a destacar as sombras e áreas mais escuras atribuindo uma carga maior de pontos nas estruturas, além de também destacar a luz e sombra do material ilustrado. Onde a maioria dos taxonomistas utilizam essa técnica devido a fidelidade obtida na ilustração com este recurso.

A ilustração científica permitiu destacar no caso da espécie *Hoplerythrinus unitaeniatus* a faixa longitudinal escura na lateral do corpo tem um padrão de pequenos triângulos, onde a técnica destacou o início dela na região do opérculo até o início da nadadeira caudal. Já *Triporthus angulatus* a região anterior da cabeça e o formato das escamas foram bem evidenciadas pela técnica de pontilhismo. Para a família Cichlidae, os padrões de manchas em cada espécie foram bem destacados, dando ênfase na região das curvas. As placas ósseas e as pintas, são outros aspectos bem detalhados e que retrata bem as espécies de siluriformes. O destaque desses detalhes que foram percebidos durante a ilustração, pode estar relacionado ao fato que as ilustrações monocromáticas levam em consideração a objetividade dos detalhes, onde na ilustração científica há uma grande quantidade de interpretações cuidadosamente pensada, onde o artista científico enfatizar certas características e reprimir outras (SKOV, 1987).

4. CONCLUSÃO

Em conclusão, os resultados obtidos com as ilustrações permitiram uma catalogação das espécies de peixes levando em consideração os detalhes muitas vezes imperceptíveis a olho nu. E sendo assim, a ilustração científica conciliou a ciência e a arte em um modelo de comunicação de caráter mais próximo da metodologia científica, possibilitando a melhor compreensão das estruturas em sua verdadeira essência.

5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. M. **Aplicações da ilustração científica em Ciências Biológicas**. TCC) Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.
- BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira**, v. 1, p. 17-62, 2004.
- BAUMANN, Z.; MASON, R. P.; CONOVER, D. O.; BALCOM, P.; CHEN, C. Y.; BUCKMAN, K. L. Mercury bioaccumulation increases with latitude in a coastal marine fish (Atlantic silverside, *Menidia menidia*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 74, n. 7, p. 1009-1015, 2017.
- BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal - Manual de identificação**. Brasília: EMBRAPA, 1999.
- GIARRIZZO, T.; NAM, S.; STIASSNY, M. L. J. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. **Science**, v. 351, n. 6269, p. 128–129, 2016.
- HODGES, E. R. S. **The guild handbook of scientific illustration**. John Wiley & Sons. 2ª ed. [S.l.], Wiley, 2003.
- JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; CUNHA, C. N.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J. Macrohabitat studies in large Brazilian floodplains to support sustainable development in the face of climate change. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 18, n. 4, p. 334–344, 2018.
- KOLODIY, S. Performing work in an unconventional drawing technique-pointillism. *In*: The Youth of the 21st Century: **Education, Science, Innovations**, p. 211-213, 2020.
- LA MONTE, F. R.; KRUKOFF, B. A. Fishes from Rio Jurua and Rio Purus, Brazilian Amazonas. **American Museum novitates**, n. 784, p. 1-8, 1935.
- MOURA, N. A.; RIBEIRO, J. L.; SILVA, J. B. A ilustração científica e a arte digital: o ensino e a formação continuada de professores. **Arquivos do Mudi**, v. 20, n. 3, p. 59-68, 2016.
- PAPP, C. S. **Scientific illustration; theory and practice**. 1. ed. W. C. Brown Co, 1968.
- PEREIRA, N. S.; ITO, M. N.; NAKAGAKI, J. M.; CARVALHO, E. M. Ilustração científica: os caminhos entre a arte e a ciência. **Realização**, v. 4, n. 7, p. 111–119, 2017.

- QUEIROZ, L. J. D.; VILARA, G. T.; OHARA, W. M.; PIRES, T. H. D. S.; ZUANON, J. A. S.; DÓRIA, C. R. Peixes do Rio Madeira-Y-Cuyari Pirá-Ketá, **Dialeto Latin American** 2013.
- RAMALHO, W. P.; SILVEIRA, S. M.; LÓPEZ-ROJAS, J. J.; ROCHA, L. V.; KEPPELER, E. C.; SOARES, V. L. J. Impacto do assoreamento sobre a diversidade de peixes em igarapés de um complexo vegetacional de campinarana no noroeste do Acre, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 9, n. 2, p. 105-114, 2014.
- REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12–47, 2016.
- RENGIFO, B. Diversidad de peces en la cuenca del Alto Yuruá (Ucayali, Perú). **Revista Peruana de Biología**, v. 13, n. 3, p. 195-202, 2007.
- SHIBATTA, O. K. **40 peixes do Brasil: CESP 40 anos**. Rio de Janeiro: Editora Design Internet, 2006.
- SILVANO, R. A.; AMARAL, B. D.; OYAKAWA, O. T. Spatial and temporal patterns of diversity and distribution of the Upper Juruá River fish community (Brazilian Amazon). **Environmental Biology of Fishes**, v. 57, n. 1, p. 25-35, 2000.
- SKOV, K. C. Technique of making fish illustration 27: scientific illustration of small specimens, art and seeing. **Environmental Biology of Fishes**, v. 19, n. 1, p. 68–68, 1987.
- TOLEDO-PIZA, M. The Neotropical fish subfamily Cynodontinae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a phylogenetic study and a revision of Cynodon and Rhamphiodon. **American Museum Novitates**, v. 2000, n. 3286, p. 1-88, 2000.
- TROTTA, T.; SPINILLO, C.G. Ilustração Científica: a informação construída pela sintaxe visual | Scientific illustration: information built by visual syntax. **InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação**, v. 13, n. 3, p. 261–276, out. 2016.
- VARI, Richard P.; MALABARBA, Luiz R. Neotropical ichthyology: an overview. **Phylogeny and classification of neotropical fishes**, v. 1, p. 1-12, 1998.
- VIGILIO, L. R.; GOMES, R.; SUÇUARANA, M.; VIEIRA, L. Análise do uso de microhabitat, distribuição espacial e dieta de *Gymnorhamphichthys rondoni* (Miranda-Ribeiro, 1920) (Rhamphichthyidae) em riachos de baixa ordem, Amazônia Ocidental. **Biotemas**, v. 32, n. 1, p. 65–76, 019.
- YAMAMOTO, K. C.; SOARES, M. G. M.; FREITAS, C. E. C. Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 34, p. 653-659, 2004.

A MICROBIOTA INTESTINAL E SUA RELAÇÃO COM ESTRESSE, ANSIEDADE E DEPRESSÃO

Julie Ruiz Lessa¹, Nereida Lessa Pinheiro do Vale Ruiz², Suellem Maria Bezerra de Moura Rocha³ e Cydia de Menezes Furtado³

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil;
2. Universidade Federal do Acre, Curso de Graduação em Nutrição, Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências da Saúde e do Desporto; Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

Há evidências que a microbiota intestinal possui interação direta, nem sempre positiva, com o sistema nervoso, sendo esta comunicação denominada eixo microbiota-intestino-cérebro. Quando essa microbiota está em disbiose contribui para o aumento do estresse e da depressão, podendo até interferir na resposta farmacológica dos antidepressivos. Além disso, a microbiota intestinal saudável é capaz de induzir a produção de serotonina. O objetivo desse trabalho é escrever o papel da microbiota intestinal e suas vias de comunicação com o sistema nervoso central e entérico para a prevenção e terapêutica de doenças neuropsiquiátricas como estresse, ansiedade e depressão no hospedeiro. Percebe-se, então, que os metabolitos da microbiota intestinal interferem no metabolismo da serotonina gerando impacto na regulação do eixo intestino-cérebro contribuindo para desencadear ou agravar transtorno de humor como ansiedade e depressão.

Palavras-chave: Eixo microbiota-intestino-cérebro, Disbiose e Sistema nervoso entérico.

ABSTRACT

There is evidence that the intestinal microbiota has a direct interaction, not always positive, with the nervous system, and this communication is called the microbiota-gut-brain axis. When this microbiota is in dysbiosis, it contributes to increased stress and depression, and may even interfere with the pharmacological response of antidepressants. In addition, healthy gut microbiota is able to induce the production of serotonin. The objective of this study is to write the role of the intestinal microbiota and its communication pathways with the central and enteric nervous system for the prevention and therapy of neuropsychiatric diseases such as stress, anxiety and depression in the host. It is clear that intestinal microbiota metabolites interfere with serotonin metabolism, impacting the regulation of the gut-brain axis, contributing to trigger or worsen mood disorders such as anxiety and depression.

Keywords: Microbiota-gut-brain axis, Dysbiosis and Enteric nervous system.

1. INTRODUÇÃO

Desde o Projeto Microbioma Humano (HMP) o campo da pesquisa do microbioma evoluiu rapidamente, tornando-se tema de grande interesse no mundo científico envolvendo as mais importantes universidades do mundo (PETERSON et al., 2009; METHÉ et al., 2012). Isso porque a microbiota, que apesar de residir em todo o corpo humano formada sobretudo por bactérias, está majoritariamente no intestino grosso coexistindo em harmonia com o hospedeiro (PARFREY; KNIGHT, 2012), de forma que estudos evidenciam que esses microrganismos estão diretamente relacionados ao processo saúde-doença no ser humano (CORRADA BRAVO et al., 2020).

Essa microbiota intestinal exercem múltiplas funções e afetam direta ou indiretamente a produção local de metabólitos, estando envolvidos nas respostas imunológicas, contribuindo na defesa e em inúmeros outros processos importantes para o organismo (KAMADA et al., 2013) tendo em vista que a microbiota intestinal pode sintetizar algumas vitaminas e contribui para homeostase do organismo, e a quebra desta homeostase denominada disbiose, que pode ser indicativo de desordem na saúde hospedeiro (AGUS; PLANCHAIS; SOKOL, 2018).

Dentre ampla gama de pesquisa a respeito da microbiota destacou-se esclarecer à investigação dos mecanismos que envolvem a ligação entre a microbiota intestinal e sistema nervoso. Foi evidenciado que há interação direta, nem sempre positiva, nas funções e no comportamento cerebral, sendo esta comunicação denominada eixo microbiota-intestino-cérebro (CRYAN; DINAN, 2012).

Ao mesmo tempo, de acordo com Lyte (2010), as bactérias residentes nos intestinos possuem capacidade de sintetizar neurotransmissores, como dopamina, serotonina e GABA, como também neuromoduladores idênticos aos produzidos por nossas células humanas (LYTE, 2010). Mudanças na qualidade e quantidade da microbiota podem modular a função desses neurotransmissores, e, conseqüentemente, o humor e no comportamento do hospedeiro (COMAI et al., 2020). Assim, a disbiose contribui para quadros de estresse crônicos, ansiedade e depressão (WEI et al., 2021).

Dessa forma, o estudo do papel da microbiota intestinal e suas vias de comunicação com o sistema nervoso central e entérico é importante para a prevenção e terapêutica de doenças neuropsiquiátricas como estresse, ansiedade e depressão no hospedeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PROJETO MICROBIOMA HUMANO

Com o avanço da tecnologia no campo da engenharia genética, em 2003 os cientistas foram capazes de concluir todo o sequenciamento dos genes humanos no grandioso Projeto Genoma Humano (HGP) (PETERSON et al., 2009). Na sequência iniciaram outro importantíssimo trabalho denominado Projeto Microbioma Humano, que teve por objetivo mapear todo o genoma e conhecer a diversidade dos microrganismos residentes nos diferentes ambientes da anatomia humana (PROCTOR et al., 2019).

Milhares de pesquisas foram realizadas desde então e as mais importantes universidades do mundo passaram a estudar os microrganismos que residem no corpo humano, especialmente a microbiota intestinal, com o intuito de entender e explicar de que forma estes micro seres estão diretamente relacionados no processo saúde-doença no ser humano (CORRADA BRAVO et al., 2020).

2.2. MICROBIOTA X MICROBIOMA

Microbiota é definida como o conjunto de microrganismos que habitam um determinado local (BERG et al., 2020). Dessa forma, microbiota é a totalidade de organismos vivos (bactérias, fungos, protozoários e vírus) que colonizam cada parte do corpo. Assim, é comum as expressões microbiota vaginais, microbiota intestinal, microbiota da pele, entre outros (GHEORGHE et al., 2019). Não raro se encontra na literatura as expressões “microbiota autóctone”, “microbiota residente”, “microbiota indígena”, e todas elas possuem o mesmo significado (CARDOSO, 2015).

Já o microbioma é o genoma coletivo dos micróbios residentes, ou seja, a soma de todos os genes dessas bactérias, fungos, protozoários e vírus que residem dentro, e sobre, o corpo humano (YANG, 2012). Frequentemente é possível observar a utilização errônea dos termos microbiota e microbioma como sinônimos. O uso trocado nem sempre compromete o entendimento do texto, porém os profissionais de saúde devem compreender bem as diferenças.

Esses microrganismos que habitam o corpo humano possuem população dez vezes superior ao número de células humanas, atingindo cerca de dez trilhões de células

(PICKARD et al., 2017). Podendo formar colônias, sobretudo compostos por bactérias que estão predominantemente localizadas no trato gastrointestinal (TGI), em particular no intestino grosso, esses seres formam a microbiota intestinal, que coexiste em harmonia com o hospedeiro (PARFREY; KNIGHT, 2012).

2.3. MICROBIOTA INTESTINAL

Na última década cresceu amplamente o conhecimento a respeito da microbiota intestinal e seus efeitos na fisiologia do hospedeiro, incluindo o seu papel relacionado ao estresse e desordens neuropsicológicas (LUKIĆ et al., 2019).

A microbiota intestinal, mesmo apresentando diferenças para cada indivíduo, possui certa singularidade em sua composição entre os seres humanos, sendo as principais bactérias encontradas pertencentes à quatro filos principais: Firmicutes, Bacteroidetes, Verrucomicrobia e Actinobacteria (ALPER EVRENSEL; CEYLAN, 2020).

A composição e atividade dessa microbiota intestinal humana é modificada ao longo da vida, influenciada por inúmeros fatores endógenos e exógenos como genética, tipo de parto, tipo de alimentação nos primeiros seis meses de vida, uso de antibióticos, hábitos de higiene, estilo de vida, idade e padrão alimentar (GRAF et al., 2015).

As bactérias intestinais são aptas para hidrolisar os carboidratos não digeridos nos intestinos (BUTLER; CRYAN; DINAN, 2019). Essas bactérias secretam enzimas e quebram os carboidratos em metabólitos que são hidrolisados e fermentados, gerando inúmeros compostos bioquímicos tais como adenosina trifosfato (ATP) e ácido graxo de cadeia curta (AGCC), além de alguns gases (CEPPA; MANCINI; TUOHY, 2019).

2.4. DISBIOSE

Disbiose é a alteração na biodiversidade da microbiota e pode ocorrer em qualquer parte do corpo (PIGRAU et al., 2016). Quando essa alteração acontece no TGI, havendo diminuição da diversidade e quantidade dos microrganismos no trato gastrointestinal, tem-se a disbiose intestinal (VALDES et al., 2018).

O desequilíbrio da homeostase microbiana pode ser desencadeada por múltiplos fatores tais como: estilo de vida, hábitos alimentares e uso de antibióticos de amplo espectro, sendo este último, apesar de necessário, causador de efeitos colaterais e capaz de promover a depleção da microbiota (GE et al., 2017). Conseqüentemente a disbiose traz prejuízos à

saúde do hospedeiro como: maior permeabilidade intestinal, inflamação de baixo grau e síndrome do intestino irritável como também comorbidades relacionadas ao humor e distúrbios neuropsicológicos (WACLAWIKOVÁ; EL AIDY, 2018; BARBOSA; BARBOSA, 2020). Distúrbios na microbiota intestinal desencadeado por estresse podem afetar o comportamento afetivo e interferir na resposta dos fármacos antidepressivos como os serotoninérgicos, por exemplo (SIOPI et al., 2020).

2.5. PROBIÓTICOS, PREBIÓTICOS

Probióticos, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), são microrganismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO/WHO, 2006). Atualmente há evidências que microrganismos mortos também podem conferir benéficos (ADAMS, 2010). O uso de probióticos propicia a exclusão de outras bactérias com potenciais patogênicos devido a competição por nutrientes, isso promove uma microbiota mais saudável, o que reflete na modulação do sistema imunológico e melhor defesa do organismo (WHO/FAO, 2006).

Já os prebióticos são carboidratos não digeríveis e não absorvíveis no intestino, que ao atingirem o cólon servem de alimentos para as bactérias da microbiota, proporcionando efeitos positivos à saúde do hospedeiro tendo em vista que estimula o crescimento de colônias benéficas (WHO/FAO, 2006; ALMEIDA, 2018). O uso de prebióticos de forma contínua modifica os comportamentos típicos da ansiedade e depressão, melhora a cognição e reduz estresse (DINAN; STANTON; CRYAN, 2013). São denominados prebióticos os seguintes carboidratos: fruto-ligossacarídeos (FOS) e inulina galacto-oligossacarídeos (GOS) (BUROKAS et al., 2017).

2.6. VISÃO GERAL ANATÔMICA E FUNCIONAL DO SISTEMA GASTROINTESTINAL

O trato gastrointestinal (TGI) é formado pelo estômago, intestino delgado (duodeno, jejuno e ílio, são áreas de absorção dos alimentos) e intestino grosso, que inclui reto e ânus, as principais funções são absorção de eletrólito, água e eliminação de resíduos não digerido (ROSS; PAWLINA, 2017). O TGI é conhecido como o maior órgão endócrino, capaz de promover a integração entre vários estímulos imunológicos e respostas neuronais devidos aos constantes desafios provenientes do meio externo (FURNESS, 2012; CHEN et al., 2021).

O intestino grosso mede em torno de um metro e meio em sua totalidade, onde ocorre fermentação bacteriana dos carboidratos e aminoácidos não digeridos, síntese de pequenas quantidades de vitaminas, como também armazenamento e excreção de resíduos fecais (MAHAN; RAYMOND, 2018).

2.7. VISÃO GERAL ANATÔMICA E FUNCIONAL DO SISTEMA NERVOSO HUMANO

2.7.1. Sistema nervoso central e Sistema nervoso periférico

Anatomicamente o SN é dividido em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP). O SNC é formado pelo encéfalo (cérebro, cerebelo e tronco encefálico) localizada na cavidade craniana e pela medula espinhal localizada no canal vertebral (GUYTON; HALL, 2011). O SNP é formado por nervos cranianos, espinhal e periféricos que se localizam fora do sistema nervoso central que possuem a função de conduzir impulsos nervosos do SNC e de volta para ele, e é subdividido em sistema nervoso somático e sistema nervoso autônomo/visceral. (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017).

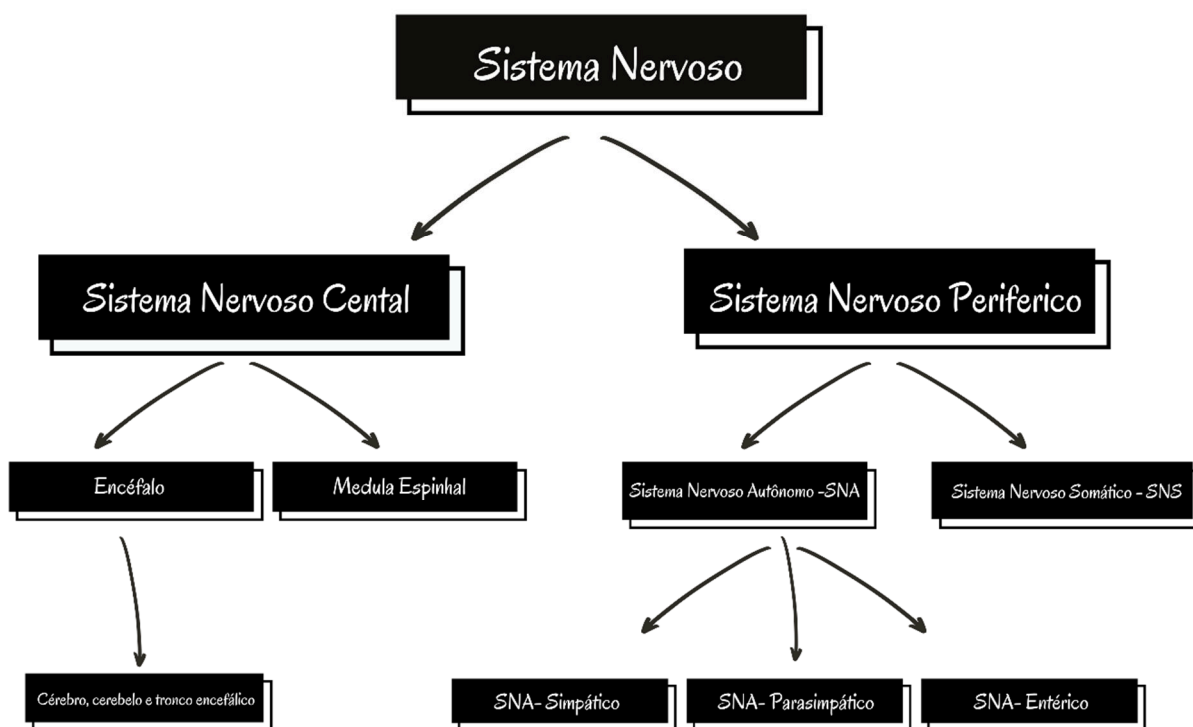


Figura 1. Divisão do Sistema Nervoso.

Fonte: Adaptado por Nereida Lessa com base em Guyton e Hall (2011).

2.7.2. Sistema nervoso somático e Sistema nervoso autônomo

Funcionalmente o SNP é dividido em sistema nervoso somático (SNS) e sistema nervoso autônomo (SNA), sendo que o SNS controla as funções com controle voluntário consciente com exceção do arco reflexo, fornece inervações sensitiva e motora para todo o corpo, exceto músculo liso, sistema condutor do coração e glândulas (ROSS; PAWLINA, 2017). Já o SNA controla as funções viscerais (GUYTON; HALL, 2011).

O SNA fornece inervação motora involuntária eferente para músculo liso, sistema condutor do coração e glândulas (GUYTON; HALL, 2011). O sistema nervoso autônomo é subdividido em sistema nervoso simpático, sistema nervoso parassimpático e sistema nervoso entérico, este último será priorizado por esta pesquisa e será explicado com mais detalhes a seguir (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017; ROSS; PAWLINA, 2017).

2.7.3. Sistema nervoso entérico

O sistema nervoso entérico (SNE) integra o sistema nervoso periférico autônomo e está localizado no trato gastrointestinal (do esôfago aos ânus), no pâncreas e na vesícula biliar (GUYTON; HALL, 2011). O SNE possui aproximadamente 200 milhões de neurônios, número equivalente a quantidade de neurônios presente na medula espinhal, sendo chamado de “cérebro do intestino” (GUYTON; HALL, 2011). O SNE controla a motilidade, as secreções exócrinas e endócrinas, além da microcirculação do TGI, sendo modulado tanto pelo sistema nervoso simpático quanto pelo parassimpático (CLARK et al., 2013).

O sistema nervoso entérico é comumente chamado de segundo cérebro por apresentar similaridade com o SNC tendo em vista que todos os neurotransmissores encontrados no SNC estão presente no sistema nervoso entérico (RAO; GERSHON, 2018). Convém salientar que apesar de 95% da serotonina ser sintetizado nos intestinos, apenas 5% são por neurônios entéricos e os demais 90% da serotonina entérica são sintetizadas por células enteroendócrina chamadas células enterocromafins (ECs) (KHLEVNER; PARK; MARGOLIS, 2018; REIGSTAD et al., 2015).

2.8. MECANISMO DE COMUNICAÇÃO DO EIXO MICROBIOTA-INTESTINO-CÉREBRO

Cada vez mais surgem evidências apontando que as interrelações da microbiota com o hospedeiro se expande muito além dos limites do trato gastrointestinal e atuam ativamente

de muitas formas, nem sempre positiva, nas funções e no comportamento cerebral (CRYAN; DINAN, 2012).

O eixo intestino-cérebro é uma via de comunicação de mão dupla (BARBOSA; BARBOSA, 2020), pois a microbiota intestinal se comunica bidireccionalmente com o sistema nervoso central (SUDO et al., 2004). A ausência de bactérias intestinais em camundongos GF causou prejuízo no eixo intestino-cérebro, considerando que a micróglia cerebral não teve maturação e funcionalidade causando prejuízo ao sistema nervoso (ERNY et al., 2015).

Essa comunicação bidirecional que envolve o SNC, SNE, ramos simpáticos e parassimpáticos do sistema nervoso autônomo, é uma rede complexa de fibras eferentes e aferentes entre o TGI e sistema nervoso central (KHLEVNER; PARK; MARGOLIS, 2018). Essa relação, inervação através do nervo vago ou ativação do eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (BUROKAS et al., 2017; STRANDWITZ, 2018) e Nesta via ainda estão incluídos os metabólitos microbianos, como ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (FOSTER; RINAMAN; CRYAN, 2017; KENNEDY et al., 2017).

2.8.1. Microbiota intestinal e síntese de neurotransmissores

Neurotransmissores são pequenas moléculas que induzem resposta do sistema nervoso e se encontram dentro de três categorias químicas: aminoácidos, aminas e peptídeos (GUYTON; HALL, 2011). Os aminoácidos e aminas são neurotransmissores pequenos enquanto os peptídeos são moléculas grandes formadas por cadeias de aminoácidos. Exemplos de neurotransmissores: aminoácidos ácido gama-aminobutírico (GABA) e glutamato; amina (adrenalina, dopamina e serotonina) e peptídeo (neuropeptídeo Y e colecistocinina CCK) (BEAR; CONNORS; 2017; CLARK et al., 2013; GOLAN et al., 2009).

Mudanças na microbiota podem modular a função dos neurotransmissores, como dopamina, serotonina e GABA, e, conseqüentemente, o humor e o comportamento (COMAI et al., 2020). Comorbidades neuropsiquiátrica como estresse, ansiedade e depressão, são atualmente definidas como doenças multifatoriais por estarem correlacionadas a aspectos genéticos e ambientais (WEI et al., 2021).

2.8.2. Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e nervo vago

Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) é um conjunto de interações neuroendócrinas que controlam processos digestivos, imunológico, e também o humor e as emoções, e desta forma o eixo HPA é o principal sistema de resposta neuroendócrina ao estresse fisiológico (ENGELMANN; LANDGRAF; WOTJAK, 2004). O estresse pode alterar o perfil bacteriano da microbiota intestinal (GALLEY et al., 2014), modulando a comunicação entre a microbiota intestinal e o eixo HPA, além de impactar o estado emocional do hospedeiro, o sistema imune e a permeabilidade da barreira intestinal (DEL TORO et al., 2020; FARZI; FRÖHLICH; HOLZER, 2018).

Em um renomado estudo de Sudo (2004) foi evidenciado que a microbiota intestinal é um determinante ambiental que regula o desenvolvimento da resposta ao estresse HPA em camundongos no desenvolvimento pós-natal, já que camundongos GF apresentaram uma liberação exagerada de hormônios corticosterona e adrenocorticotrófico comparado ao grupo de controle. Em consonância com esses achados outro estudo observou que a bactéria (probiótico) *Lactobacillus farciminis* afeta positivamente a resposta ao estresse do eixo HPA por induzir redução plasmática de adrenocorticotrófico, corticosterona, cortisol, ácidos graxos de cadeia curta e sistema imune (AIT-BELGNAOUI et al., 2012). Em estudos similares, camundongos foram estressados cronicamente prejudicando o feedback negativo da corticosterona no eixo HPA, todavia ao serem tratados com o probiótico (psicobiótico) *Bifidobacterium breve* CCFM1025 tiveram restauração do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (TIAN et al., 2019).

O nervo vago ou X nervo craniano no sistema nervoso central é o que possui maior área de inervação, se estendendo até a cavidade abdominal, e desempenha um papel essencial na regulação de funções importantes em vários órgãos, dentre eles: frequência cardíaca, constrição brônquica e motilidade intestinal (GUYTON; HALL, 2011). O nervo vago é uma via de sinalização importante no eixo intestino-cérebro pois responde e transmite informações químicas provenientes das bactérias intestinais (BONAZ; BAZIN; PELLISSIER, 2018). As fibras aferentes vagais são distribuídas por toda a parede intestinal, possuindo contato indireto com a microbiota pela barreira epitelial intestinal e, além disso, detectam os metabólitos e neurometabólitos bacterianos como os AGCC, transferindo essas informações do intestino de volta para SNC (KHLEVNER; PARK; MARGOLIS, 2018).

2.8.2. Ácidos graxos de cadeia curta e níveis de serotonina

Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) são metabólitos primários derivados da microbiota intestinal do intestino grosso através da fermentação de carboidratos e fibras provenientes da dieta (GRAF et al., 2015). O principal metabólito produzido neste processo são os AGCC, principalmente acetato, propionato e butirato (WU et al., 2012).

Foi observado em camundongos efeitos benéficos do butirato, tais como melhora no comportamento antidepressivo e redução na neurodegeneração (SHARMA; TALIYAN; SINGH, 2015). AGCC estão diretamente relacionados ao sistema imunológico, sendo constatado que camundongos gnotobióticos com deficiência de AGCC apresentam redução de células imunológicas Treg intestinal (FURUSAWA et al., 2013). O butirato contribui positivamente no transporte do triptofano com suas funções antioxidantes visto que a oxidação é deletéria ao metabolismo do triptofano, precursor da serotonina (RODE et al., 2021).

2.9. ESTRESSE, ANSIEDADE, DEPRESSÃO E O EIXO MICROBIOTA-INTESTINO-CÉREBRO

De acordo com OMS há 322 milhões de pessoas no mundo vivendo com depressão, o que equivale a 4,4% da população do planeta (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017). Segundo o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5) publicado em 2013 pela Associação Americana de Psiquiatria (APA), o quadro depressivo requer a presença de cinco ou mais sintomas dentro de um período de duas semanas: humor deprimido ou anedonia, apetite modificado, alteração do sono, diminuição da capacidade pensar e concentrar, fadiga, sentimentos de inutilidade, culpa excessiva e pensamento suicida (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013).

Estudos recentes pré-clínicos correlacionam quadros de ansiedade e depressão a uma microbiota em disbiose, que contribuiriam para o quadro depressivo, exacerbando o estresse, e podendo até interferir na resposta dos fármacos antidepressivos como os serotoninérgicos (SIOPI et al., 2020). Atualmente há fármacos classificados como inibidores seletivos da recaptação de serotonina (ISRS ou SSRI), como sertralina, fluoxetina e escitalopram que são amplamente utilizados no tratamento da ansiedade e depressão em todo o mundo (FUNG et al., 2019).

Foi evidenciado em inúmeros experimentos pré-clínico *in vivo* e *in vitro*, camundongos e células, respectivamente, que o funcionamento do sistema serotoninérgico é influenciado diretamente pela microbiota intestinal. Camundongos expostos ao estresse apresentaram alteração na microbiota de forma significativa, incluindo redução expressiva do gênero *Lactobacillus*, que é benéfica ao hospedeiro (GALLEY et al., 2014).

Camundongos axênicos foram expostos a depleção aguda do triptofano e posteriormente submetido a testes que avaliam comportamento semelhante ao fenótipo depressivo por meio de suspensão da cauda e natação forçada. Nesse estudo (LUKIĆ et al., 2019), verificou-se que os camundongos GF e com dieta *Ad libitum* de triptofano apresentaram aumento dos comportamentos depressivos comparados a camundongos dos grupos controles que possuíam microbiota padrão. A ausência de microbiota contribuiu para surgimento de comportamentos depressivos e o todos os mecanismos envolvidos nestes processos estão sendo estudados (YANO et al., 2015). Sabe-se que a microbiota intestinal é capaz de induzir a produção de serotonina pelas ECs, há estudos que evidenciaram biossínteses de triptofano pelas bactérias intestinais (PRIYA; SARKAR; SINHA, 2014), porém esta informação requer mais pesquisas.

Em estudo correlacionado ao anterior, enfatizou-se a importância da microbiota saudável ao modular positivamente o processo de regulação emocional. Quando transplantaram microbiota intestinal de camundongos com estresse crônico leve para camundongos com microbiota saudável, estes últimos apresentaram comportamento semelhante ao desespero (SIOPI et al., 2020). Neste mesmo estudo, em análises posteriores, constataram diminuição da neurogênese no hipocampo e baixa resposta dos camundongos ao tratamento com o fármaco ISRS. Estes achados estão em consonância com análises *in situ* do tecido cerebral camundongos tratados com prebióticos *Bifidobacterium dentium* vivo que detectou receptor 5-HT no hipocampo, maior expressão de serotonina pelas ECs e de transportador de serotonina (SERT), como também normalizou os comportamentos de ansiedade (ENGEVIK et al., 2021).

Camundongos GF que foram humanizados apresentaram maior expressão de *Tph1*, maior produção de serotonina por meio de atividades estimuladas pelos AGCC em ECs, além de apresentar maior motilidade intestinal (ENGEVIK et al., 2021). Isso está em sincronia com os achados de LAURANS et al. (2018) onde camundongos desprovido de microbiota apresentavam níveis elevados de triptofano circulante o que conseqüentemente indica baixos níveis de serotonina no sangue (CLARKE et al., 2013).

2.9.1. Probiótico, prebióticos e eixo microbiota-intestino-cérebro

Como dito anteriormente, probióticos são “microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas conferem um benefício à saúde do hospedeiro” (WHO/FAO, 2006), entretanto há evidências que o microrganismo não precisa estar vivo para conferir benefícios ao organismo (ADAMS, 2010).

O conceito de prebiótico já citado anteriormente foi redefinido pelo International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) como “um substrato que é utilizado seletivamente por microrganismos dos hospedeiros, conferindo um benefício à saúde”. A utilização de probióticos e prebióticos vem sendo foco de vastas pesquisas para o reequilíbrio da homeostase da microbiota e o restabelecimento de funções fisiológicas incluindo o sistema serotoninérgico fundamental para no tratamento de transtorno de humor e neuropsiquiátricos (CATRY et al., 2018).

Estudos recentes sinalizam que bactérias (probióticas) são capazes de equilibrar a microbiota e, conseqüentemente, modificar resposta biológica no organismo do hospedeiro melhorando o sistema serotoninérgico. Camundongos submetidos a intervenção de estresse crônico imprevisível leve foram tratados com prebióticos *Bifidobacterium longum* e *L. rhamnosus* e probióticos fruto-oligossacarídeo (FOS) e galacto-oligossacarídeo (GOS) com o objetivo de verificar os efeitos antidepressivos dos pré e probióticos e seus possíveis efeitos da microbiota no metabolismo da serotonina (BUROKAS et al., 2017).

Os animais submetidos aos estresses crônicos apresentaram redução de peso corporal e expressiva elevação do filo Firmicutes o que modificou o metabolismo da serotonina. A intervenção com probióticos surtiu na qualidade da microbiota e no metabolismo da serotonina, especialmente quando utilizado o probiótico *L. rhamnosus* (LI et al., 2019).

Em dois estudos análogos, camundongos estressados cronicamente foram tratados com o probiótico, no primeiro estudo foi utilizado o *Bifidobacterium breve*, que é classificado como psicobiótico, onde evidenciou-se efeitos semelhantes aos antidepressivos além de restauração do perfil microbiano (TIAN et al., 2021). No segundo foi utilizado no tratamento oral o probiótico *Lactobacillus reuteri* 3 por vinte e oito dias, e as análises do estudo verificaram que *L. reuteri* 3 melhorou fenótipo depressivo e promoveu a redução de bactérias *Lactobacillus*, *Allobaculum* e *Sutterella* que são induzidas por estresse. Assim constatou que uma única cepa microbiana *Lactobacillus reuteri* 3 pode reduzir sintomas semelhantes aos

depressivos em decorrência de estresse crônico, devido a mecanismo ligados a AGCC (XIE et al., 2020).

2.9.2. Estilo alimentar e eixo microbiota-intestino-cérebro

O estilo de alimentação pode modular a microbiota intestinal por meio da disponibilidade de nutrientes devido ao impactar microbianos intestinais (COTILLARD et al., 2013). A dieta atual “ocidental” é caracterizada por alimentos ricos em carboidratos ultraprocessados, gorduras trans, sal em excesso, pouca quantidade de vegetais *in natura* e fibras (MASLOWSKI; MACKAY, 2011).

O estilo alimentar interfere na resposta dos probióticos? Para responder este questionamento OHLAND et al. (2013) analisou camundongos deficientes em interleucina 10 (IL-10) que foram divididos em 2 grupos: um recebeu dieta padrão de laboratório e o outro, dieta de estilo ocidental (gordura 33%, carboidrato refinado 49%), onde ambos receberam *Lactobacillus helveticus* por 21 dias. Foi constatado que os camundongos em uma dieta tipo ocidental aumentaram o peso e apresentaram comportamento semelhante à ansiedade e memória reduzida.

O probiótico *L. helveticus* só surtiu efeito para reduzir o comportamento semelhante à ansiedade em camundongo com dieta de ração, os ratos com dieta ocidental não obtiveram os benefícios (OHLAND et al., 2013). Uma dieta rica em gorduras e açúcar refinado em curto prazo é capaz de alterar a expressão de citocinas intestinais, metabolismo do triptofano e níveis de neurotransmissores no cérebro, como foi observado no estudo com camundongos (OHLAND; PANKIV; BAKER, 2016). Neste mesmo estudo observaram que a serotonina cerebral não foi alterada, entretanto houve redução deIDO indoleamina 2,3-dioxigenase do intestino delgado, inflamação sistêmica e alterações hepáticas, elevação BDNF e triptofano cerebral, diminuição do comportamento exploratório e de ansiedade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi demonstrado que a microbiota interage ativamente de forma bidirecional com o sistema nervoso em uma comunicação denominada eixo intestino-cérebro, estudos pré clínicos evidenciam que a microbiota intestinal é fundamental para o pleno funcionamento

SN e a ausência de bactérias intestinais, traz prejuízo neste eixo e interfere na maturação e funcionalidade do sistema nervoso após o nascimento (SUDO et al., 2004; ERNY et al., 2015).

A microbiota em disbiose contribui para o quadro depressivo, exacerbando o estresse podendo até interferir na resposta farmacológica dos antidepressivos no processo de recaptação de serotonina. Camundongos GF com dieta livre de triptofano apresentaram aumento do comportamento depressivo, isso evidencia que a microbiota intestinal saudável é capaz de induzir a produção de serotonina pelas ECs e contribuir para amenizar o comportamento depressivo e ansioso dos camundongos.

Verificou-se que a interação “microbiota-intestino-cérebro” se dá por diversos mecanismos tais como eixo HPA, sínteses de AGCC e via nervo vago. Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e microbiota intestinal impactam além do estado emocional do hospedeiro o sistema imune e permeabilidade da barreira intestinal. A ausência de microbiota promove liberação exagerada de hormônios corticosterona e adrenocorticotrófico, entretanto quando administrado probiótico (bactéria) *Bifidobacterim breve* em cobaias estressadas, houve redução plasmática de adrenocorticotrófico, corticosterona e cortisol, revertendo o feedback negativo do eixo HPA e consequentemente reduzindo níveis de ansiedade e estresse.

A microbiota também se comunica com o SN através do nervo vago. As fibras aferentes vagais da parede intestinal possuem contato indireto com a microbiota e detectam metabólitos e neurometabólitos bacterianos como os AGCC e transfere essas informações do intestino de volta para SNC. Os AGCC atuam na melhora do comportamento antidepressivo, devido sua participação direta no transporte no precursor da serotonina e participam da transcrição de RNA mensageiro para sínteses TTPH1 por meio da regulação positiva da enzima triptofano hidroxilase 1. Constatou se também que animais desprovidos de microbiota possuem níveis elevados de triptofano circulante, o que sinaliza baixos níveis de serotonina no sangue.

Dessa forma, com base na revisão de literatura, entende-se que metabólitos da microbiota intestinal interferem no metabolismo da serotonina gerando impacto na regulação do eixo intestino-cérebro contribuindo para desencadear ou agravar transtorno de humor como ansiedade e depressão. Esse estudo fez ampla pesquisa com buscas em diferentes bases de dados realizadas com uma estratégia de busca criteriosa e bem estruturada, o que contribuem com estudos relevantes, porém sugere-se mais pesquisas em estudos clínicos, considerando que essa revisão de literatura contou apenas com estudos pré-clínicos. Assim,

recomenda-se a realização de meta-análises para confirmar os resultados nessa presente revisão integrativa.

4. REFERÊNCIAS

ADAMS, C. A. The probiotic paradox : live and dead cells are biological response modifiers. **Nutrition Research Reviews**, v. 23, n. 1, p. 37–46, 2010.

AGUS, A.; PLANCHAIS, J.; SOKOL, H. Gut Microbiota Regulation of Tryptophan Metabolism in Health and Disease. **Cell Host and Microbe**, v. 23, n. 6, p. 716–724, 2018.

AIT-BELGNAOUI, A.; et al. Prevention of gut leakiness by a probiotic treatment leads to attenuated HPA response to an acute psychological stress in rats. **Psychoneuroendocrinology**, v. 37, n. 11, p. 1885–1895, 2012.

ALMEIDA, C. R. F. **A influência do microbioma humano nas doenças cardiovasculares.** (Dissertação) Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2018.

ALPER EVRENSEL; EMIN, M. Immune-Kynurenine Pathways and the Gut Microbiota-Brain Axis in Anxiety Disorders. In: **Anxiety Disorders Rethinking and Understanding Recent Discoveries.** 1 ed. ed. Philadelphia, PA, USA: [s.n.].

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders.** Arlington, VA: American Psychiatric Association, 2013.

BARBOSA, P. M.; BARBOSA, E. R. The Gut Brain-Axis in Neurological Diseases. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 33, n. 5, p. 528–536, 2020.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **NEUROCIÊNCIAS: Desvendando o sistema nervoso.** 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

BERG, G.; et al. Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. **Microbiome**, v. 8, n. 1, p. 1–22, 2020.

BONAZ, B.; BAZIN, T.; PELLISSIER, S. The vagus nerve at the interface of the microbiota-gut-brain axis. **Frontiers in Neuroscience**, v. 12, p. 1–9, 2018.

BUROKAS, A. et al. Targeting the Microbiota-Gut-Brain Axis: Prebiotics Have Anxiolytic and Antidepressant-like Effects and Reverse the Impact of Chronic Stress in Mice. **Biological Psychiatry**, v. 82, n. 7, p. 472–487, 2017.

BUTLER, M. I.; CRYAN, J. F.; DINAN, T. G. Man and the Microbiome: A New Theory of Everything? **Annual Review of Clinical Psychology**, v. 15, p. 371–398, 2019.

CARDOSO, V. M. **O Microbioma Humano.** (Dissertação) Mestrado em Ciências Farmacêuticas - Universidade Fernando Pessoa, Portugal, 2015.

CATRY, E.; et al. Targeting the gut microbiota with inulin-type fructans : preclinical demonstration of a novel approach in the management of endothelial dysfunction. **Gut**, v. 67, n. 2, p. 271–283, 2018.

- CEPPA, F.; MANCINI, A.; TUOHY, K. Current evidence linking diet to gut microbiota and brain development and function. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 70, n. 1, p. 1–19, 2019.
- CLARK, M.; et al. **Farmacologia Ilustrada**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- CLARKE, G.; et al. The microbiome-gut-brain axis during early life regulates the hippocampal serotonergic system in a sex-dependent manner. **Molecular Psychiatry**, v. 18, n. 6, p. 666–673, 2013.
- COMAI, S.; BERTAZZO, A.; BRUGHERA, M.; CROTTI, S. Tryptophan in health and disease. **Advances in Clinical Chemistry**, v. 95, p. 165–218, 2020.
- CORRADA BRAVO, H.; et al. Interactive exploratory data analysis of Integrative Human Microbiome Project data using Metaviz. **F1000Research**, v. 9, p. 1–16, 2020.
- COTILLARD, A.; et al. Dietary intervention impact on gut microbial gene richness. **Nature**, v. 500, n. 7464, p. 585–588, 2013.
- CRYAN, J. F.; DINAN, T. G. Mind-altering microorganisms: The impact of the gut microbiota on brain and behaviour. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 13, n. 10, p. 701–712, 2012.
- DEL TORO, M.; HURTADO-ROMERO, A.; GARCIA-AMEZQUITA, L.; GARCÍA-CAYUELA, T. Psychobiotics: Mechanisms of action, evaluation methods and effectiveness in applications with food products. **Nutrients**, v. 12, n. 12, p. 1–31, 2020.
- DINAN, T. G.; STANTON, C.; CRYAN, J. F. Psychobiotics : A Novel Class of Psychotropic. **Biological psychiatry**, v. 74, n. 10, p. 720–726, 2013.
- ENGEVIK, M. A.; et al. Human-Derived Bifidobacterium dentium Modulates the Mammalian Serotonergic System and Gut–Brain Axis. **Cellular and molecular gastroenterology and hepatology**, v. 11, n. 1, p. 221–248, 2021.
- ERNY, D. et al. Host microbiota constantly control maturation and function of microglia in the CNS. **Nature Neuroscience**, v. 18, n. 7, p. 965–977, 2015.
- FAO/WHO. **Probiotics in Food: Health and Nutritional Properties and Guidelines for Evaluation**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization, Rome, 2006.
- FARZI, A.; FRÖHLICH, E.; HOLZER, P. Gut Microbiota and the Neuroendocrine System. **Neurotherapeutics : the journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics**, v. 15, n. 1, p. 5–22, 2018.
- FOSTER, J. A.; RINAMAN, L.; CRYAN, J. F. Stress & the gut-brain axis: Regulation by the microbiome. **Neurobiology of Stress**, v. 7, p. 124–136, 2017.
- FUNG, T. C.; et al. Intestinal serotonin and fluoxetine exposure modulate bacterial colonization in the gut. **Nature Microbiology**, v. 4, n. 12, p. 2064–2073, 2019.
- FURUSAWA, Y.; et al. Commensal microbe-derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells. **Nature**, v. 504, n. 7480, p. 446–450, 2013.
- GALLEY, J. D. et al. Exposure to a social stressor disrupts the community structure of the colonic mucosa-associated microbiota. **BMC Microbiology**, v. 14, n. 1, p. 1–13, 2014.

- GE, X.; et al. Antibiotics-induced depletion of mice microbiota induces changes in host serotonin biosynthesis and intestinal motility. **Journal of Translational Medicine**, v. 15, n. 1, p. 1–9, 2017.
- GHEORGHE, C. E.; MARTIN, J. A.; MANRIQUEZ, F. V.; DINAN, T. G.; CRYAN, J. F.; CLARKE, G. Focus on the essentials: tryptophan metabolism and the microbiome-gut-brain axis. **Current Opinion in Pharmacology**, v. 48, p. 137–145, 2019.
- GRAF, D.; et al. Contribution of diet to the composition of the human gut microbiota. **Microbial Ecology in Health & Disease**, v. 26, p. e26164, 2015.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Guyton & Hall - Tratado de Fisiologia Médica**. 12º ed, Rio de Janeiro, 2011.
- KAMADA, N.; CHEN, G. Y.; INOHARA, N.; NÚÑEZ, G. Control of pathogens and pathobionts by the gut microbiota. **Nature Immunology**, v. 14, n. 7, p. 685–690, 2013.
- KENNEDY, P. J.; CRYAN, J. F.; DINAN, T. G.; CLARKE, G. Kynurenine pathway metabolism and the microbiota-gut-brain axis. **Neuropharmacology**, v. 112, p. 399–412, 2017.
- KHLEVNER, J.; PARK, Y.; MARGOLIS, K. G. Brain–Gut Axis: Clinical Implications. **Gastroenterology Clinics of North America**, v. 47, n. 4, p. 727–739, 2018.
- LI, H.; WANG, P.; HUANG, L.; LI, P.; ZHANG, D. Effects of regulating gut microbiota on the serotonin metabolism in the chronic unpredictable mild stress rat model. **Neurogastroenterology and Motility**, v. 31, n. 10, p. 1–13, 2019.
- LUKIĆ, I.; GETSELTHER, D.; KOREN, O.; ELLIOTT, E. Role of tryptophan in microbiota-induced depressive-like behavior: Evidence from tryptophan depletion study. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 13, p. 1–10, 2019.
- LYTE, M. Microbial Endocrinology in the Microbiome-Gut-Brain Axis: How Bacterial Production and Utilization of Neurochemicals Influence Behavior. **PLoS Pathogens**, v. 9, n. 11, 2013.
- MASLOWSKI, K. M.; MACKAY, C. R. Diet , gut microbiota and immune responses. **Nature Publishing Group**, v. 12, n. 1, p. 5–9, 2011.
- METHÉ, B. A.; et al. A framework for human microbiome research. **Nature**, v. 486, n. 7402, p. 215–221, 2012.
- OHLAND, C. L.; et al. Effects of lactobacillus helveticus on murine behavior are dependent on diet and genotype and correlate with alterations in the gut microbiome. **Psychoneuroendocrinology**, v. 38, n. 9, p. 1738–1747, 2013.
- OHLAND, C. L.; PANKIV, E.; BAKER, G. Western diet-induced anxiolytic effects in mice are associated with alterations in tryptophan metabolism. **Nutritional Neuroscience**, v. 19, n. 8, p. 337–345, 2016.
- PARFREY, L. W.; KNIGHT, R. Spatial and temporal variability of the human microbiota. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 18, n. SUPPL. 4, p. 8–11, 2012.
- PETERSON, J.; et al. The NIH Human Microbiome Project. **Genome Research**, v. 19, n. 12, p. 2317–2323, 2009.
- PICKARD, J. M.; ZENG, M. Y.; CARUSO, R.; NÚÑEZ, G. Gut microbiota: Role in pathogen

colonization, immune responses, and inflammatory disease. **Immunological Reviews**, v. 279, n. 1, p. 70–89, 2017.

PIGRAU, M. et al. The joint power of sex and stress to modulate brain-gut-microbiota axis and intestinal barrier homeostasis: Implications for irritable bowel syndrome. **Neurogastroenterology and Motility**, v. 28, n. 4, p. 463–486, 2016.

PRIYA, V. K.; SARKAR, S.; SINHA, S. Evolution of tryptophan biosynthetic pathway in microbial genomes: A comparative genetic study. **Systems and Synthetic Biology**, v. 8, n. 1, p. 59–72, 2014.

PROCTOR, L. M. et al. The Integrative Human Microbiome Project. **Nature**, v. 569, n. 7758, p. 641–648, 2019.

RAO, M.; GERSHON, M. D. Enteric nervous system development : what could possibly go wrong ? **Nature Reviews Neuroscience**, v. 19, p. 552–565, 2018.

REIGSTAD, C. S.; et al. Gut microbes promote colonic serotonin production through an effect of short-chain fatty acids on enterochromaffin cells. **FASEB Journal**, v. 29, n. 4, p. 1395–1403, 2015.

RODE, J.; et al. Rescues Oxidative Stress-Induced Transport Deficits of Tryptophan: Potential Implication in Affective or Gut-Brain Axis Disorders. **Neuropsychobiology**, v. 80, n. 3, p. 253–263, 2021.

ROSS, M., PAWLINA, W. **ROSS:Histologia - Texto e Atlas**. 7^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

SHARMA, S.; TALIYAN, R.; SINGH, S. Beneficial effects of sodium butyrate in 6-OHDA induced neurotoxicity and behavioral abnormalities: Modulation of histone deacetylase activity. **Behavioural Brain Research**, v. 291, p. 306–314, 2015.

SIOPI, E.; et al. Changes in Gut Microbiota by Chronic Stress Impair the Efficacy of Fluoxetine. **Cell Reports**, v. 30, n. 11, p. 3682- 3690.e6, 2020.

STRANDWITZ, P. Neurotransmitter modulation by the gut microbiota. **Brain Research**, v. 1693, p. 128–133, 2018.

SUDO, N.; et al. Postnatal microbial colonization programs the hypothalamic – pituitary – adrenal system for stress response in mice. **J Physiol**, v. 1, p. 263–275, 2004.

TIAN, P.; et al. An in vitro screening method for probiotics with antidepressant-like effect using the enterochromaffin cell model. **Food and Function**, v. 12, n. 2, p. 646–655, 2021.

TIAN, P.; WANG, G.; ZHAO, J.; ZHANG, H.; CHEN, W. Bifidobacterium with the role of 5-hydroxytryptophan synthesis regulation alleviates the symptom of depression and related microbiota dysbiosis. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 66, p. 43–51, 2019.

VALDES, A. M.; WALTER, J.; SEGAL, E.; SPECTOR, T. D. Role of the gut microbiota in nutrition and health. **BMJ**, v. 361, p. 36–44, 2018.

WACLAWIKOVÁ, B.; EL AIDY, S. Role of microbiota and tryptophan metabolites in the remote effect of intestinal inflammation on brain and depression. **Pharmaceuticals**, v. 11, n. 3, 2018.

WEI, L.; SINGH, R.; RO, S.; GHOSHAL, U. C. Gut microbiota dysbiosis in functional

gastrointestinal disorders: Underpinning the symptoms and pathophysiology. v. 5, n. 9, p. e63, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Depression and Other Common Mental Disorders: Global Health Estimates**, 2017.

WU, G. D.; et al. Linking Long-Term Dietary Patterns with Gut Microbial Enterotypes. **Science**, v. 334, n. 6052, p. 105–108, 2012.

XIE, R.; et al. Oral treatment with *Lactobacillus reuteri* attenuates depressive-like behaviors and serotonin metabolism alterations induced by chronic social defeat stress. **Journal of Psychiatric Research**, v. 122, p. 70–78, 2020.

YANG, J. **The Human Microbiome Project: Extending the definition of what constitutes a human**. Disponível em: <<https://www.genome.gov/27549400/the-human-microbiome-project-extending-the-definition-of-what-constitutes-a-human>>. Acesso em 14/04/2022.

YANO, J. M.; et al. Indigenous bacteria from the gut microbiota regulate host serotonin biosynthesis. **Cell**, v. 161, n. 2, p. 264–276, 2015.

LEISHMANIOSE VISCERAL CANINA – REVISÃO DE LITERATURA

Marianne Rachel Domiciano Dantas Martins¹, Paulo Wbiratan Lopes da Costa¹, João Paulo de Lacerda Roberto¹ e Iago Carvalho Barbosa²

1. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal, Patos - PB, Brasil;
2. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife – PE, Brasil.

RESUMO

A leishmaniose visceral canina é uma doença infecciosa, crônica, considerada uma importante zoonose a nível mundial, potencialmente fatal para os seres humanos e cães, que são considerados o principal reservatório de infecção para os seres humanos. É causada por um protozoário intracelular do gênero *Leishmania*, sendo a *Leishmania chagasi* a espécie encontrada no Brasil. De distribuição cosmopolita, é endêmica em mais de 70 países do mundo, sendo apontada como doença reemergente, caracterizada por um nítido processo de transição epidemiológica. Manifesta-se por um amplo espectro de sinais clínicos e não há consenso científico suficiente sobre o manejo desta doença. Nos últimos anos, grandes descobertas científicas têm sido feitas no diagnóstico, tratamento e prevenção da leishmaniose. As estratégias de controle ainda são pouco eficazes e estão centradas no diagnóstico, na redução da população de flebotomíneos, eliminação dos reservatórios e atividades de educação em saúde. Em virtude das características epidemiológicas, ao longo dos anos a aplicação, muitas vezes apenas parcial destas ações não proporcionou a redução da incidência da LV no país.

Palavras-chave: Leishmaniose canina, Epidemiologia e Estratégias de controle.

ABSTRACT

Canine visceral leishmaniasis is a chronic infectious disease, considered a major zoonosis worldwide, potentially fatal for humans and dogs, which are considered the main reservoir of infection for humans. It is caused by an intracellular protozoan of the genus *Leishmania*, and *Leishmania chagasi* species found in Brazil. Cosmopolitan distribution, is endemic in more than 70 countries worldwide, being appointed as reemerging disease, characterized by a clear process of epidemiological transition. It is manifested by a wide spectrum of clinical signs and there is sufficient scientific consensus on the management of this disease. In recent years, scientific breakthroughs have been made in the diagnosis, treatment and prevention of leishmaniasis. Control strategies are still weak and are focused on diagnosis, reducing the population of sandflies, reservoirs and elimination of health education activities. Given the

epidemiological characteristics, over the years the application, often only partially provided these actions donot reduce the incidence of VL in the country.

Keywords: Canine eishmaniasis, Epidemiology and Control strategies

1. INTRODUÇÃO

A Leishmaniose Visceral Canina (LVC) é uma doença infecciosa, crônica, sendo considerada como uma importante zoonose. É causada por um protozoário intracelular da família Trypanosomatidae, do gênero *Leishmania*, sendo a *Leishmania chagasi* a espécie encontrada no Brasil. A *Leishmania* compreende duas formas distintas morfologicamente: amastigota e promastigota. As amastigotas são formas arredondadas, aflageladas, altamente infectantes e responsáveis pelo desenvolvimento da doença no hospedeiro mamífero. São parasitas intracelulares obrigatórios, sendo encontradas no interior de células fagocíticas, como os macrófagos, no hospedeiro vertebrado. As formas promastigotas são formas alongadas, possuem um flagelo longo, são menos infectantes em relação às amastigotas e são encontradas no hospedeiro invertebrado. A principal forma de transmissão ao homem e a outros mamíferos é através da picada de insetos flebotomíneos, dos quais o *Lutzomyia longipalpis* é o mais importante.

A emergência da leishmaniose como um problema de saúde pública tem ocorrido devido a vários fatores, dentre eles, principalmente, estão as alterações ecológicas e demográficas decorrentes da destruição de florestas primárias, acompanhadas pelo rápido crescimento populacional e assentamentos de comunidades na periferia de cidades, o que leva a uma mudança na ecologia dos flebotomíneos vetores. Do ponto de vista epidemiológico a leishmaniose canina é considerada mais importante do que a humana, devido ao fato dos casos caninos precederem o humano, além dos cães serem um importante reservatório. As raposas são consideradas reservatórios silvestres. A importância da doença é decorrente da alta incidência e grande distribuição, podendo ser letal quando associada à má nutrição, infecções concomitantes e ao não tratamento precoce. 90% dos casos de leishmaniose humana ocorrem em 5 países: Índia, Bangladesh, Nepal, Sudão e Brasil atingindo principalmente as populações mais pobres.

As manifestações clínicas da leishmaniose visceral canina (LVC) podem variar consideravelmente, dependendo de vários fatores, como a interação com a espécie infectante, a fase atual da doença e a resposta imune desenvolvida pelo hospedeiro. O

período de incubação da doença pode variar de 1 mês a 4 anos. Comumente ocorrem a linfadenomegalia, o enfraquecimento crônico do animal (caquexia), as lesões cutâneas como alopecia, úlceras, dermatite esfoliativa e onicogribose, anemia, hepatoesplenomegalia, disfunção renal severa e colites, porém, cães infectados podem permanecer assintomáticos por longos períodos de tempo, mantendo a infecção no ambiente.

As medidas de controle da leishmaniose visceral (LV), atualmente adotada pelos órgãos governamentais, preconizam o tratamento das pessoas doentes, o emprego de inseticidas nas residências para eliminação do vetor e a eutanásia de cães infectados. Porém, sabe-se que muitos cães que tem contato com o parasita não apresentam sinais clínicos da doença. Entretanto, esses animais são eutanasiados quando o diagnóstico da infecção é estabelecido. Por outro lado, sabe-se, também, que somente parte dos animais infectados, efetivamente, transmite a doença; que o parasitismo da pele de cães não ocorre na mesma intensidade em todas as fases da infecção, pois a infecção do vetor é mais provável de ocorrer quando ele se alimenta em cães em um estágio mais avançado da doença. Nesse contexto, o controle da LVC é de suma importância para a redução de casos humanos, mas esse controle deve ser feito de forma mais criteriosa, de modo a levar em consideração o cão como um fator de risco real para a transmissão da LV para o homem e não adotar, simplesmente, a eliminação indiscriminada de animais, muitos provavelmente sem potencial de transmissão, como forma de controle, até mesmo porque em muitos estudos a exterminação pura e simples de cães não tem reduzido a incidência da enfermidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. DEFINIÇÃO

A leishmaniose visceral é uma importante zoonose com distribuição mundial, emergente em diferentes áreas urbanas brasileiras. Atinge crianças, adultos jovens ou pessoas imunodeprimidas e quando não tratada pode apresentar uma letalidade de 95% (ALVES; BEVILACQUA, 2004; COSTA et al., 2007).

Segundo Paula et al. (2009), no Brasil, esta doença é um grande desafio à saúde pública principalmente pelo potencial endêmico que vem assumindo, sendo considerada

importante pela morbimortalidade a ela associada e em virtude da sua rápida expansão geográfica registrada nas últimas décadas (OLIVEIRA et al., 2005).

2.2. EPIDEMIOLOGIA

2.2.1. Distribuição

O estudo da distribuição geográfica tem sido ferramenta utilizada em estudos epidemiológicos relacionados à LV, permitindo identificar fatores sócio-econômicos e ambientais associados, bem como descrever a difusão das doenças. O primeiro relato de LV no Brasil foi feito em 1934 e somente 20 anos depois é que se registrou o primeiro surto da doença em Sobral, no Ceará. Em meados dos anos 80 contatou-se uma transformação drástica na distribuição geográfica. A doença, antes restrita às áreas rurais do nordeste brasileiro, avançou para regiões indenes alcançando a periferia de grandes centros urbanos (GONTIJO; MELO, 2004; DANTAS-TORRES; BRANDÃO-FILHO, 2006).

A leishmaniose visceral encontra-se atualmente entre as sete endemias consideradas prioritárias no mundo, com distribuição cosmopolita, estando presente na África, Ásia, América do Norte e América do Sul (GÁLLEGO, 2004; MICHALSKY et al., 2011). Tem sido apontada como doença reemergente, caracterizada por um nítido processo de transição epidemiológica, apresentando incidência crescente nos últimos anos nas áreas onde ocorria tradicionalmente (ALVES; BEVILACQUA, 2004).

Essa doença é endêmica em 88 países, relatados a cada ano cerca de 500.000 novos casos, com aproximadamente 90% dos casos mundialmente notificados ocorrendo em Bangladesh, Brasil, Índia, Nepal e Sudão. Na América Latina tem sido descrita em pelo menos 12 países, sendo cerca de 97% dos casos humanos descritos no continente americano procedentes do Brasil, estando presente em 19 dos 27 estados brasileiros (BENITES et al., 2011; MICHALSKY et al., 2011; MESTRE et al., 2011).

Em muitas regiões brasileiras, a leishmaniose visceral (LV) canina e humana ocorre endemicamente. O Brasil enfrenta atualmente a expansão e urbanização da LV com casos humanos e grande número de cães positivos em várias cidades de grande e médio porte. O ciclo de transmissão, que anteriormente ocorria no ambiente silvestre e rural, hoje também se desenvolve em centros urbanos (GONTIJO; MELO, 2004; ALMEIDA et al., 2010). Isso se deve um processo de urbanização associada a alterações no comportamento do vetor de transmissão, degradação ambiental, e a migração de populações caninas e humanas para

grandes centros urbanos (PRADO et al., 2011).

Segundo Costa et al. (2007) o vetor se adapta facilmente às condições peridomésticas de áreas de pauperadas e por outro lado cães abandonados vagando na periferia da cidade podem se infectar entrando em contato direto com reservatórios selvagens e, ao retornarem para o interior da cidade, servem como amplificadores da infecção para cães e humanos.

De acordo com Paula et al. (2009), os movimentos migratórios do homem com seus animais associado às alterações ambientais são fatores determinantes na disseminação da doença, uma vez que estes animais, muitas vezes, são trazidos infectados da região de origem, contribuindo para a infecção dos flebotomíneos presentes em áreas de desmatamento recente e em zonas peri-urbanas. O aumento da densidade do vetor, o convívio muito próximo do homem com o reservatório doméstico, o desmatamento acentuado e a constante mobilização de pessoas constituem os principais determinantes dos níveis epidêmicos da LV nos grandes centros urbanos (MESTRE; FONTES, 2007).

O processo desordenado de ocupação urbana resultou em condições precárias de vida e destruição ambiental, fatores que também podem ter influenciado a emergência da doença no meio urbano. Pobreza, desnutrição e a alta densidade de flebotomíneos, tanto no intradomicílio como no peridomicílio, estão associadas à elevada presença de animais domésticos, péssimas condições sanitárias e baixo nível sócio-econômico em áreas de transmissão da LV (COSTA et al., 2007; MESTRE; FONTES, 2007).

Em um estudo realizado por Julião et al. (2007), a presença de galinhas no peridomicílio não foi significativa, embora alguns autores relatem seu envolvimento na epidemiologia da LV, como o estudo realizado por Drumond & Costa (2011) que observou que as aves domésticas devem ser vistas como fatores de risco na presença de vetores e hospedeiros, provavelmente por representarem uma fonte de alimentação, não só para o vetor, como para alguns animais silvestres.

De acordo com Gontijo & Melo (2004) e Drumond & Costa (2011) nos últimos cinco anos, ocorreram em média 3.500 casos humanos novos, sendo a maioria na região Nordeste do país. A partir dos anos 90, os estados Pará e Tocantins (Norte), Mato Grosso do Sul (Centro Oeste) e Minas Gerais e São Paulo (Sudeste) passaram a influir de maneira significativa nas estatísticas da LV no Brasil. O Estado da Bahia registrou no período de 1984-2002 uma incidência média de 790 casos, sendo um dos estados mais atingidos pela doença, observando que a pobreza e desnutrição associadas às péssimas condições sanitárias são fatores determinantes para a ocorrência da doença (JULIÃO et al., 2007; MESTRE; FONTES, 2007). Este quadro é bem ilustrado pelo município matogrossense de

Várzea Grande, cujo surgimento de núcleos residenciais nas periferias urbanas decorrentes da imigração da população de baixa renda, proporciona condições favoráveis para a transmissão da LV. Os primeiros casos de LV em Cuiabá foram notificados em 2005, e 5 dos 8 casos confirmados viviam em áreas urbanas (MESTRE; FONTES, 2007; MESTRE et al., 2011).

No Piauí, sabe-se da ocorrência da LV desde 1934. De 1971 a 1979, a LV apareceu como uma doença endêmica e a maioria dos casos relatados foram em Teresina. Uma epidemia tem sido observada no Piauí desde 1980, coincidindo com o crescimento da população que aumentou mais de 400%. No Estado de Pernambuco, a LV tem sido considerada endêmica, no entanto, alguns municípios, como Recife, são considerados livres de casos autóctones (DRUMOND; COSTA, 2011; DANTAS-TORRES et al., 2005). Em um estudo realizado por Dantas-Torres e Brandão-Filho (2006) no Estado de Pernambuco, foi observado que houve uma acentuada expansão geográfica da LV, com surgimento de novos focos e persistência das antigas áreas de ocorrência da doença. Cesse (1999) realizou um estudo no município de Petrolina, que apresenta uma das maiores incidências de calazar no Estado, e verificou que o crescimento populacional associado à forma como a sociedade se organiza favorece a ocorrência de casos autóctones com expansão da doença. Esta expansão da cidade invadindo a mata resulta no estabelecimento nas áreas periurbanas de condições favoráveis à domiciliação do vetor do calazar, o flebótomo.

A LV é endêmica no município de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, onde a doença constitui um sério problema de saúde pública (PRADO et al., 2011). Segundo Michalsky et al. (2011), o crescimento não planejado da área urbana de Janaúba, assim como ocorrido em diversas cidades do Brasil, em outros municípios do norte de Minas Gerais tem papel fundamental no desenvolvimento de agravos da saúde. Este crescimento desordenado implica em uma série de transformações do meio ambiente e possibilita a instalação e expansão das leishmanioses, principalmente da LV, no município. A presença do vetor na periferia de cidades que registraram grande número de casos de LV humana e elevadas taxas de infecção canina confirmam a transmissão urbana da endemia em Mato Grosso (MESTRE; FONTES, 2007).

2.2.2. Etiologia

O agente etiológico da leishmaniose visceral é um protozoário da família Trypanosomatidae, gênero *Leishmania* (FEITOSA et al. 2000; PRADO et al., 2011). As

espécies parasitas responsáveis pela leishmaniose visceral são divididas em três gêneros: *Leishmania chagasi* responsável pela forma clínica da leishmaniose visceral nas Américas Central e do Sul, *Leishmania donovani* causadores da doença na Ásia e África e *Leishmania infantum* na Ásia, Europa e África (ALMEIDA et al., 2005; PRADO et al., 2011).

Existem várias hipóteses relacionadas com a origem de *L. chagasi*, e, propõem que a LV na América pudesse ser causada por ambos parasitas *L. chagasi* e *L. infantum*. A controvérsia começou um ano após a descrição de *L. chagasi*, quando se concluiu que o agente da LV nas Américas é idêntica à *L. infantum*. No final de 1990, um novo estudo usando métodos como amplificação aleatória de DNA polimórfico (RAPD), análise de sequência de DNA da protease de superfície (gp63) e hibridização com a sonda de DNA Lmet9, sobre isolados de diferentes origens geográficas, não foi capaz de distinguir *L. chagasi* de *L. infantum*. Por outro lado, com base em pequenas diferenças fenotípicas e genotípicas, alguns autores separam *L. infantum* e *L. chagasi* em duas espécies. Outros também acreditam que estes parasitas são diferentes, mas decidiram separá-los em duas subespécies. Neste caso, os nomes *L. infantum infantum* e *L. i. chagasi* foram usados (POUBEL, 2010; DANTAS-TORRES, 2006).

2.2.2.1. Morfologia e Ciclo biológico do parasito

Segundo Rath et al. (2003) foi verificado que a *Leishmania* se desenvolve no tubo intestinal do hospedeiro invertebrado, na forma promastigota. A forma infectante é a promastigota metacíclica e essa, uma vez introduzida nos mamíferos através da picada (repasto sanguíneo), é rapidamente fagocitada por células de defesa, especialmente os macrófagos, e dentro de um vacúolo transforma-se na forma amastigota (CAMARGO; BARCINSKI, 2003). As leishmanias sob a forma amastigota são estruturas arredondadas ou ovaladas sem flagelos, com núcleo grande, oval e excêntrico, que parasitam o hospedeiro vertebrado em seu sistema fagocítico mononuclear, alojando-se nos fagossomos dos monócitos, histiócitos e macrófagos onde vivem e se multiplicam por divisão assexuada até romperem a célula, disseminando-se pela via hematogena e linfática, iniciando uma reação inflamatória e proporcionando a atração de outros macrófagos gerando um ciclo vicioso. Junto ao núcleo encontra-se uma estrutura conhecida como cinetoplasto (extensão da mitocôndria), rica em DNA mitocondrial, o kDNA.

Os insetos, ao picarem o homem ou animais infectados, adquirem o parasito através da ingestão de amastigotas livres ou intramacrofágicas no tecido subcutâneo. No tubo

digestivo dos insetos, as leishmanias se transformam em formas alongadas, dotadas de um flagelo com cinetoplasto localizado na extremidade do flagelo, núcleo central, formado de feixes paralelos de microtúbulos, envoltos em uma bainha citoplasmática. Essa forma é chamada de promastigota procíclica. Multiplicam-se intensamente por divisão binária no tubo digestivo do inseto. As formas procíclicas diferenciam-se para formas infectivas metacíclicas e migram para a proboscíde do inseto após 4 a 5 dias. Ao picarem novos hospedeiros, os promastigotas são regurgitados e, por esse mecanismo, infectam novos vertebrados (BASANO; CAMARGO, 2003; CAMARGO; BARCINSKI, 2004).

De acordo com Camargo e Barcinski (2003) algumas leishmanias proliferam apenas em uma determinada espécie de flebótomo enquanto outras são promíscuas, adotando um largo espectro de vetores.

2.2.3. Vetor e transmissão

Nas Américas, a leishmaniose visceral é causada pela *Leishmania infantum chagasi* (ALMEIDA et al., 2010) e transmitida ao homem através da picada de fêmeas de insetos dípteros pertencentes à família Psychodidae, tendo como principal vetor *Lutzomyia longipalpis* (MONTEIRO et al., 2005; MICHALSKY et al., 2011). Os flebotomos são pequenos mosquitos de aproximadamente 0,5 cm de comprimento, com pernas longas e delgadas, e o corpo densamente piloso. Voam aos saltos e mantêm as asas eretas mesmo em repouso, ao contrário de outros dípteros, o que facilita sua identificação. Apenas as fêmeas são hematófagas. Machos se alimentam dos sucos de flores e plantas (CAMARGO; BARCINSKI, 2003).

Apesar de no Brasil a transmissão ser atribuída principalmente a *Lutzomyia longipalpis*, outras espécies de flebotomíneos também são consideradas potenciais transmissores da doença. De acordo com Oliveira et al. (2010) no Pará, *Lutzomyia antunesi* pode ser considerado um vetor alternativo da leishmaniose visceral. Em Mato Grosso do Sul, *Lutzomyia cruzi* é a espécie predominante e simpátrica a *Lutzomyia forattinii* (MONTEIRO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010). De acordo com Rath et al. (2003), os dípteros tem atividade crepuscular e pós-crepuscular, abrigando-se durante o dia em lugares úmidos, sombrios e protegidos do vento, encontrados em tocas de animais silvestres e ocos de bambu. Em um estudo realizado em Teresina (DRUMOND; COSTA, 2011), o maior percentual de insetos infectados com *Leishmania* sp foi encontrado quatro meses após o período de chuvas mais pesadas, sugerindo que fatores ambientais podem prever a abundância de flebotomíneos e

o seu nível de infecção natural.

De acordo com Barata et al. (2005) a espécie *L. longipalpis* tem demonstrado uma grande capacidade de se adaptar em vários ambientes, aumentando a sua densidade dentro e ao redor de habitações humanas facilitando a transmissão da doença. Segundo Monteiro et al. (2005), esta espécie está bem adaptada ao ambiente peridomiciliar, alimentando-se de uma grande variedade de hospedeiros vertebrados, entre aves, homem e outros animais silvestres ou domésticos.

Os flebótomos infectam-se ao picar o animal portador da doença, aspirando macrófagos parasitados ou amastigotas livres no sangue ou tecidos e podem, assim, transmitir a doença ao homem (RATH et al., 2003). Segundo Benites et al. (2011) usualmente, a infecção ocorre entre um hospedeiro invertebrado para um hospedeiro vertebrado, entretanto, a transmissão na ausência do vetor já é conhecida. Além disso, casos autóctones de LV têm sido relatados na USA e no Reino Unido, onde não há adequado vetor biológico. Apesar da ocorrência de transmissão vertical em seres humanos, um estudo recente indica que esta via de transmissão não é provável de ocorrer em cachorros (DINIZ et al., 2005).

Um caso de transmissão direta através de transfusão sanguínea já foi documentado em um cão. Recentemente, comprovaram que a *Leishmania chagasi* pode ser sexualmente transmissível de cães machos naturalmente infectados para fêmeas susceptíveis na ausência do vetor biológico (BENITES et al., 2011). Macerado de carrapatos e pulgas provenientes de cães positivos foi capaz de infectar hamsters por via oral e inoculação intraperitoneal. Apesar da possibilidade da infecção experimental, o fato não comprova a viabilidade destes ectoparasitos como vetores uma vez que formas promastigotas não foram evidenciadas nos esfregados de sangue do macerado (COUTINHO et al., 2005; COUTINHO; LINARDI, 2007). Recentemente, na Alemanha, um caso de transmissão congênita foi relatado, embora a infecção provavelmente tenha sido no canal de parto e não através da placenta. No entanto, *Leishmania* sp. foi encontrado na placenta de cães que tiveram aborto espontâneo. A justificativa para a suspeita de transmissão vertical de *Leishmania* reside no fato de que existem vários parasitas capazes de atravessar a barreira da placenta em cães, incluindo os metazoários *Toxocara canis*, *Ancylostoma caninum*, *Dirofilaria* e os protozoários *Toxoplasma gondii*, *Babesia canis*. A possibilidade de transmissão transplacentária baseia-se na circulação dos parasitas no interior de macrófagos. O sangue da placenta está em estreita proximidade com a circulação materna, e os parasitas podem passar para a circulação fetal (ANDRADE et al., 2002; NAUCKE & LORENTZ, 2012). Um estudo realizado

por Andrade et al. (2002) analisou 63 filhotes de 18 adultos que foram naturalmente infectados e não encontrou nenhum resultado positivo indicando que se a transmissão vertical ocorre, é muito raro, não contribuindo significativamente para a disseminação da doença.

É importante ressaltar que cães infectados naturalmente, muitas vezes desenvolvem lesões genitais associados com a presença de amastigotas, principalmente no epidídimo, prepúcio e glândula. Além disso, estas lesões genitais são associadas com o derramamento de *Leishmania* no sêmen de uma grande proporção de cães infectados. Por outro lado, nenhuma lesão específica foi observada no trato genital de cadelas naturalmente infectadas, apesar de relatórios recentes de transmissão vertical nas cadelas gestantes. Estas observações suportam a VL hipótese de que é sexualmente transmissível (DINIZ et al., 2005; SILVA et al., 2009).

2.2.4 Reservatório

O cão (*Canis lupus familiaris*) é considerado o reservatório mais importante da LV, sendo responsável pela manutenção do agente na área urbana (MESTRE; FONTES, 2007; ALMEIDA et al., 2010; PAULA et al., 2009) e embora a doença possa manifestar-se de maneira bastante variável, o parasitismo da pele constitui uma das características mais importantes, fazendo desse animal um elo no ciclo epidemiológico (PAULA et al., 2009). Ainda de acordo com Almeida et al. (2010) os cães infectados, especialmente os assintomáticos, são potencial fonte de infecção para o vetor, representando a maior fonte de transmissão do parasito ao homem.

A enzootia canina tem precedido a ocorrência de casos humanos e a infecção em cães tem sido mais prevalente do que no homem. No ambiente silvestre, os reservatórios são as raposas (*Dusicyon vetulus* e *Cerdocyon thous*) e os marsupiais (*Didelphis albiventris*). No Brasil, as raposas foram encontradas infectadas nas regiões Nordeste, Sudeste e Amazônica. Os marsupiais didelfídeos foram encontrados infectados no Brasil e na Colômbia (BRASIL, 2006).

2.3. CONTROLE

Em virtude das características epidemiológicas e do conhecimento ainda insuficiente sobre os vários elementos que compõem a cadeia de transmissão da leishmaniose visceral,

as estratégias de controle desta endemia ainda são pouco efetivas e estão centradas no diagnóstico e tratamento precoce dos casos, redução da população de flebotomíneos, eliminação dos reservatórios e atividades de educação em saúde (BRASIL, 2006). Ao longo dos anos a aplicação, muitas vezes, apenas parcial destas ações não proporcionou a redução da incidência da LV no país. O que sustenta a utilização do controle vetorial e de reservatórios como estratégias de intervenções sobre a LV é a conjectura de que a incidência de infecção em humanos é diretamente relacionada ao número de cães infectantes e a fatores entomológicos (JULIÃO et al., 2007; COSTA et al., 2007)

Segundo Julião et al. (2007) a baixa sensibilidade do teste de imunofluorescência indireto, agravada pela ampla utilização de papel-filtro na colheita de sangue nos inquéritos sorológicos caninos, demora tanto no fornecimento do resultado diagnóstico quanto na eutanásia dos cães soropositivos e ausência de técnica que avalie a infectividade dos cães examinados em inquéritos são aspectos deficientes no conjunto de ações de controles da LVC. Estes fatores contribuem para prolongar a permanência de cães infectados na área, sustentando a continuidade do ciclo de transmissão do parasito.

Apesar da eutanásia de cães soropositivos ser uma medida de controle recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a própria entidade reconhece que existem cães de grande valor afetivo e econômico, por isso não podem ser indiscriminadamente sacrificados. Foi observado que o momento da busca do cão para a eliminação é carregado de forte componente emocional. Este sentimento faz com que muitos proprietários de cães não aceitem esta estratégia de controle. O cão não assume somente o papel no contexto familiar, mas principalmente no meio urbano, executando diversas funções como: guarda, salvamento, guia de paraplégicos, prática de esportes, repressão à criminalidade e ao tráfico de drogas (OLIVEIRA et al., 2008).

De acordo com o Ministério da Saúde (2006) o controle químico por meio da utilização de inseticidas de ação residual é a medida de controle vetorial recomendada no âmbito da proteção coletiva. Esta medida é dirigida apenas para o inseto adulto e tem como objetivo evitar e/ou reduzir o contato entre o inseto transmissor e a população humana, conseqüentemente, diminuir o risco de transmissão da doença. Os produtos mais empregados atualmente no controle a esses vetores são a cipermetrina, na formulação pó molhável (PM) e a deltametrina, em suspensão concentrada (SC). A prática da eutanásia canina é recomendada a todos os animais sororreagentes e/ou parasitológico positivo. Para a realização da eutanásia, deve-se ter como base a Resolução n.º 714, de 20 de junho de 2002, do Conselho Federal de Medicina Veterinária, que dispõe sobre os procedimentos e

métodos de eutanásia em animais. Devem se realizar atividades de educação em saúde, visando a participação ativa da comunidade e com isso obtenham informações sobre o atendimento precoce das pessoas com diagnóstico positivo da doença, bem como contribua, de forma participativa, para as medidas de controle da doença (manejo ambiental, controle vetorial, controle do reservatório entre outras).

Estudos enfocando a estratégia de eliminação canina têm oferecido resultados conflitantes, pelo menos quando utilizada separadamente do controle vetorial. Por outro lado, experiências têm demonstrado a efetividade do controle vetorial em diversas situações. Em um estudo realizado por Costa et al. (2007) em Porteirinha, norte de Minas Gerais, identificou uma redução na incidência de leishmaniose canina e humana após a retirada sistemática de cães soropositivos, no mesmo momento em que o controle vetorial também foi implementado.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, vimos que a leishmaniose visceral canina é uma doença em constante crescimento e ainda há a necessidade de melhorias no seu controle e de discussões sobre pontos críticos, como a escolha da eutanásia ou o tratamento para cura clínica.

4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. B. P. F.; et al. Prevalência e epidemiologia da leishmaniose visceral em cães e humanos, na cidade de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Ciência Rural**, v.40, n. 7, p. 1610-1615, 2010.

ALVES, W. A.; BEVILACQUA, P. D. Reflexões sobre a qualidade do diagnóstico da leishmaniose visceral canina em inquéritos epidemiológicos: o caso da epidemia de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1993-1997. **Caderno de Saúde Pública**, v. 20, n. 1, p. 259-256, 2004.

BARATA, R. A.; et al.. Aspectos da ecologia e do comportamento de flebotomíneos em área endêmica de leishmaniose visceral, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n. 5, p. 421-425, 2005.

BASANO, S. A.; CAMARGO, L. M. A. Leishmaniose tegumentar americana: histórico, epidemiologia e perspectivas de controle. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 7, n. 3,

p. 328-337, 2004.

BENITES, A. P.; et al. Presença de formas amastigotas de *Leishmania chagasi* e perfil leucocitário no aparelho reprodutivo de cães. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 72-77, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Interministerial Nº 31**, de 9 de Julho de 2007. Regulamento Técnico para Pesquisa, Desenvolvimento, Produção, Avaliação, Registro e Renovação de licenças, comercialização e uso de vacina contra a Leishmaniose Visceral Canina. Brasília - DF, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Nota Técnica nº 48/2011 – CGDT/DEVIT/SVS/MS. **Assunto: Esclarecimentos sobre o diagnóstico sorológico da leishmaniose visceral canina utilizado na rede pública de saúde**. Brasília - DF, 2011.

CAMARGO, L. M.; BARCINSKI, M. A. Leishmanioses, feridas bravas e kalazar. **Ciência Cultura**, v. 55, n. 1, p. 34-37, 2003.

CESSE, E. A. P. **Expansão e Urbanização da Leishmaniose Visceral: estudo epidemiológico do processo de transmissão ativa em área urbana – Petrolina/PE, 1992-1997**. (Dissertação) Mestrado – Programa de Saúde Pública pelo Departamento de Saúde Coletiva, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 1999.

COSTA, C. H. N.; et al. Controle da leishmaniose visceral em meio urbano: estudo de intervenção randomizado fatorial. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 40, n. 4, p. 415-419, 2007.

COUTINHO, M. T. Z.; et al. Participation of *Rhipicephalus sanguineus* (Acari:Ixodidae) in the epidemiology of canine visceral leishmaniasis. **Veterinary Parasitology**, v. 128, p.149-155, 2005.

COUTINHO, M. T. Z.; LINARDI, P. M. Can fleas from dogs infected with canine visceral leishmaniasis transfer the infection to other mammals? **Veterinary Parasitology**, v. 147, p. 320-325, 2007.

DANTAS-TORRES, F.; BRANDÃO-FILHO, S. P. Expansão geográfica da leishmaniose visceral no Estado de Pernambuco. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, n. 4, p. 352-356, 2006.

DANTAS-TORRES, F.; et al. Epidemiologic surveillance of canine visceral leishmaniasis in the municipality of Recife, Pernambuco. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n. 5, p. 444-445, 2005.

DINIZ, S. A.; et al. Genital Lesions Associated with Visceral Leishmaniasis and Shedding of *Leishmania* sp. in the Semen of Naturally Infected Dogs. **Veterinary Pathology**. v. 42, p.650–658, 2005.

DRUMOND, K. O.; COSTA, F. A. L. Forty years of visceral leishmaniasis in the State of Piauí: a review. **Rev Inst Med Trop**, v. 53, n. 1, p. 3-11, 2011.

GÁLLEGO, M. Zoonosis emergentes por patógenos parasitos: las leishmaniasis. **Revista Sci Tach Off Int Epiz Enpaña**, v. 23, n. 2, p. 661-676, 2004.

GONTIJO, C. M. F.; MELO, M. N. Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 7, n. 3, p. 1- 10, set., 2004.

- JULIÃO, F. S.; et al. Investigação de áreas de risco como metodologia complementar ao controle da leishmaniose visceral canina. **Pesq Vet Bras**, v. 27, n. 8, p. 319-324, 2007.
- MATEO, M.; et al. Comparative study on the short term efficacy and adverse effects of miltefosine and meglumine antimoniate in dogs with natural leishmaniosis. **Parasitol Res**, v. 105, p.155–162, 2009.
- MESTRE, G. L. C.; et al. Phlebotomine sand flies and canine infection in areas of human visceral leishmaniasis, Cuiabá, Mato Grosso. **Rev Bras Parasitol Vet**, v. 20, n. 3, p. 228-234, 2011.
- MESTRE, G. L. C.; FONTES, C. J. F. A expansão da epidemia da leishmaniose visceral no Estado de Mato Grosso, 1998-2005. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, n. 1, p. 42-48, 2007.
- MICHALSKY, E. M.; et al. Infecção natural de *Lutzomyia (Lutzomyia) longipalpis* (Diptera: Psychodidae) por *Leishmania infantum chagasi* em flebotomíneos capturados no município de Janaúba, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, n. 1, p. 58-62, 2011.
- MONTEIRO, E. M.; et al. Leishmaniose visceral: estudo de flebotomíneos e infecção canina em Montes Claros, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n. 2, p. 147-152, 2005.
- NAUCKE, T. J.; LORENTZ, S. First report of venereal and vertical transmission of canine leishmaniosis from naturally infected dogs in Germany. **Parasites & Vectors**. v. 5, p. 67, 2012.
- OLIVEIRA, A. C.; et al. Controle e Tratamentos da Leishmaniose Visceral Canina. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 6, n. 10, 2008.
- OLIVEIRA, G. M. G.; et al. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) no Município de Três Lagoas, área de transmissão intensa de leishmaniose visceral, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 1 n. 3, p. 83-94, 2010.
- OLIVEIRA, L. S.; et al. A utilização da imunofluorescência indireta no diagnóstico de rotina da leishmaniose visceral canina e suas implicações no controle da doença. **Ciência Animal Brasileira**. v. 6, n. 1, p. 41-47, 2005.
- PALATNIK-DE-SOUSA, C. B. Vaccines for canine leishmaniasis. **Frontiers in Immunology**, v. 3, p. e69, 2012.
- PAULA, C.C.; et al. Leishmaniose visceral canina em Maricá, Estado do Rio de Janeiro: relato do primeiro caso autóctone. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n. 1, p. 77-78, 2009.
- POUBEL, S. B. **Variabilidade Genética de isolados de *Leishmania infantum* x *L. chagasi* procedentes de várias regiões do Brasil**. (Dissertação) Mestrado – Pós Graduação em Microbiologia, Parasitologia e Patologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- PRADO, P.F.; et al. Epidemiological aspects of human and canine visceral leishmaniasis in Montes Claros, State of Minas Gerais, Brazil, between 2007 and 2009. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, n. 5, p. 561-566, 2011.

RATH, S.; et al. Antimoniais empregados no tratamento da leishmaniose: estado da arte. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 550-555, 2003.

SILVA, R. M.; et al. Análise TG-ROC de testes de imunofluorescência no diagnóstico de leishmaniose visceral canina. **Rev Saúde Pública**, v. 43, n. 6, p. 1044- 1053, 2009.

SILVA, S. M. **Avaliação de um protocolo terapêutico com antimoniato de meglumina encapsulado em lipossomas nanométricos, associado ao alopurinol, no tratamento da leishmaniose visceral canina.** (Tese) Doutorado – Programa de Pós Graduação em Parasitologia, Universidade Federal de Minas Gerais, BeloHorizonte, 2011.

APLICAÇÃO DE BROMELINA EXTRAÍDA DA MACAMBIRA E SEU EFEITO NO AMACIAMENTO DE BRAÇO BOVINO

Arthur Souza Bandeira de Almeida¹, Bruno Anderson de Moraes¹, Tonny Cley Campos Leite¹, Raul Jacobsen Neto¹ e Amanda Reges de Sena¹

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Barreiros, Laboratório de Bromatologia, Barreiros, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

A macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Shult & Schult. f.), Bromeliaceae, é encontrada no sertão nordestino, desde a Bahia ao Piauí. É uma espécie vista como uma das alternativas, oferecidas pela caatinga, para pequenos criadores de caprinos, ovinos e suínos como complementação alimentar. Um complexo enzimático encontrado na macambira é a bromelina de grande importância terapêutica. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi investigar a atividade enzimática de bromelina extraída de frutos de *Bromelia laciniosa* e sua aplicação na tenderização de braço bovino. Após a obtenção do complexo enzimático foi realizada uma purificação por meio de precipitação proteica utilizando etanol e em seguida realizada a aplicação da enzima na tenderização de braço bovino. Após o tratamento enzimático foi realizada a análise de textura por meio da força de cisalhamento. Amostras (8 cm x 5 cm x 3 cm) tratadas com bromelina, em extrato bruto e extrato parcialmente purificado, mostraram diminuição na força de cisalhamento em 11,59 e 17,39 %, respectivamente, em comparação com o controle negativo. Novos estudos devem ser realizados para que seja possível inferir com mais precisão sobre possíveis aplicações biotecnológicas da bromelina extraída de frutos da macambira, como por exemplo, amaciante de carne de baixo custo.

Palavras-chave: *Bromelia laciniosa*, Carne bovina e Tenderização enzimática.

ABSTRACT

Macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Shult & Schult. f.) is a species of the Bromeliaceae family. It is found in the northeastern backcountry, from Bahia to Piauí. It is a species seen as one of the alternatives offered by caatinga to small goat, sheep and pig breeders as a food supplement. An enzyme complex found in macambira is bromelain, of great therapeutic importance. In this sense, the objective of the present work was to investigate the enzymatic activity of bromelain extracted from fruits of *Bromelia laciniosa* and its application in the tenderization of bovine arm. After obtaining the enzymatic complex, a purification was performed by means of protein precipitation using ethanol and then the enzyme was applied in the tenderization of the bovine arm. After the enzymatic treatment, texture analysis was performed using shear force. Samples (8 cm x 5 cm x 3 cm) treated with bromelain, in crude extract and partially purified extract, showed a decrease in shear force by 11.59 and 17.39

%, respectively, compared to the negative control. New studies must be carried out so that it is possible to infer more accurately about possible biotechnological applications of bromelain extracted from macambira fruits, such as, for example, low-cost meat tenderizer.

Keywords: *Bromelia laciniosa*, Bovine meat and Meat tenderization.

1. INTRODUÇÃO

A carne é um componente caro e importante de uma refeição e tem um lugar especial em nossa dieta (POOJA et al., 2021). O amaciamento da carne é um processo que merece grande atenção dos pesquisadores, uma vez que ultimamente tem crescido a reivindicação dos consumidores por produtos de qualidade. Grande parte do amaciamento da carne *post mortem* ocorre durante a estocagem refrigerada, ou maturação, e consiste na proteólise dos componentes estruturais das proteínas miofibrilares presente no tecido muscular (KIRINUS et al., 2014).

A maciez, ao lado da suculência, sabor, aparência, é um dos atributos críticos de qualidade da carne para determinar a aceitação do consumidor, bem como o preço (MADHUSANKHA; THILAKARATHNA, 2021; POOJA et al., 2021). A tenderização enzimática é o processo de amaciamento da carne pela ação de proteases. A hidrólise, das proteínas dos tecidos conjuntivo e miofibrilar, garante a alteração necessária na textura (MARQUES, 2016). As intervenções enzimáticas incluem infusão, marinada ou injeção direta com proteases exógenas de plantas (ficina, bromelaína, papaína, actinidina, zingibaína), microbianas (colagenase de *Clostridium histolyticum*; protease aspártica de *Aspergillus oryzae*; elastase de *Bacillus* sp. EL31410) e animais (pancreatina suína) (BEKHIT et al., 2014).

Dentre as enzimas proteolíticas as de origem vegetal, com ampla especificidade, são as mais utilizadas para esse fim (ASHIE et al., 2002; KOBLITZ; SANTOS, 2008). Dentre as proteases existentes, merece destaque a bromelina. Sua gama de aplicações abrange a indústria de alimentos, no amaciamento de carne, clarificação de bebidas, produção de hidrolisados de proteína, etc., a indústria têxtil e de couro, a de cosméticos (BALA et al., 2012) e, especialmente, a indústria farmacêutica, tendo inúmeras atividades terapêuticas relacionadas. Vale ressaltar que a bromelina é categorizada como aditivo de alimento pela Food and Drug Administration (2013) e está na lista de substâncias reconhecidas como seguras, disponível para o público na forma de pó, creme, comprimido ou cápsula, sendo encontrada, tanto na sua forma purificada, como em associação com outras enzimas na mesma

formulação (ORSINI, 2006). No Brasil, enzimas e preparações enzimáticas são liberados da obrigatoriedade de registro sanitário, desde que previstas em Regulamentos Técnicos específicos, inclusive suas fontes de obtenção, e que atendam às especificações estabelecidas nos mesmos (BRASIL, 2010), o que vem impulsionando as pesquisas em busca de novas fontes de proteases.

As preparações comerciais de enzimas proteolíticas são avaliadas de acordo com a sua atividade catalítica, a qual deve ser medida dentro das condições ótimas de reação enzimática. Tais dados são extremamente importantes, por exemplo, na estratégia de purificação da enzima bromelina e sua aplicação industrial, evitando a perda de atividade através do uso de faixas de pH inapropriadas e reduzindo assim a eficiência do método empregado (SILVA et al., 2014).

Considerando o grande número de espécies da família *Bromeliaceae*, poucas delas foram estudadas, como é o caso da *Bromelia laciniosa* Mart. ex Shult & Shult f. (MANETTI et al., 2009) (Figura 1). A espécie é conhecida popularmente como macambira, macambira-de-porco e macambira-de-cachorro e é encontrada no sertão nordestino, desde a Bahia ao Piauí. É uma espécie que pouco se tem referências, apesar de ser vista como uma das alternativas, oferecidas pela caatinga, para pequenos criadores do Nordeste como complementação alimentar de suas criações (caprinos, ovinos e suínos), e assim durante o período de estiagem reduzir custos, através de um manejo adequado e sustentável.



Figura 1 - Macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Shult. & Schult. f.)

Com base no exposto e devido ao considerável potencial biotecnológico da macambira em seu uso popular e a importância farmacognóstica relatada na literatura sobre a bromelina, propõe-se então ampliar os estudos sobre *Bromelia laciniosa* verificando seu potencial na produção de bromelina e sua aplicação na tenderização de braço bovino.

2. MÉTODOS

2.1. COLETA DO MATERIAL VEGETAL

Os frutos da macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Shult & Shult f.) foram coletados na cidade de Caruaru - Pernambuco. Os mesmos foram separados manualmente, lavados e cortados em pedaços menores com auxílio de facas para posterior extração.

2.2. OBTENÇÃO DA BROMELINA

A bromelina foi extraída por meio de trituração com tampão fosfato de sódio 0,2 M, pH 7,0 na proporção de 1:1 (p/v) em processador industrial. Após a trituração, o extrato obtido foi filtrado em papel filtro qualitativo e em seguida foi realizada a centrifugação (Heraeus Multifuge X1R Datamed[®]) a 4°C, 10000 rpm por 20 minutos. Esta etapa teve como objetivo separar as partículas sólidas. O sobrenadante, considerado extrato enzimático bruto, foi armazenado sob congelamento à -20°C para análises da atividade enzimática, do conteúdo proteico e precipitação com etanol.

2.3. ATIVIDADE PROTEOLÍTICA

A atividade proteolítica foi verificada utilizando a azocaseína (SIGMA[®]) como substrato, segundo a metodologia proposta por Charney e Tomarelli (1947) com modificações. Os ensaios realizados foram compostos por 0,25 mL de azocaseína 0,5% (p/v) dissolvida em tampão fosfato de sódio 0,02 M, pH 7,0 e 0,25 mL do extrato enzimático, onde foram incubados a 37°C por 40 minutos. A reação foi interrompida após a adição de 0,25 mL do ácido tricloroacético (TCA) 10% (p/v) e em seguida realizada a centrifugação a 5500 rpm por 20 minutos à 4°C. Após centrifugação uma alíquota de 0,5 mL do sobrenadante reagiu

com 0,5 mL de hidróxido de potássio 0,5 M e posteriormente realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 430 nm. Brancos das amostras também foram considerados no experimento. Definiu-se uma unidade de protease como a quantidade de enzima capaz de produzir um aumento na absorbância de 0,001 por 40 minutos de reação a 37°C a leitura de absorbância a 430 nm. Todos os testes foram realizados em triplicata e repetidos 3 vezes.

2.4. DETERMINAÇÃO PROTEICA

Determinou-se a proteína total pelo método proposto por Lowry (1951), utilizando a albumina de soro bovino como padrão. Todos os testes foram realizados em triplicata e repetidos três vezes.

2.5. PRECIPITAÇÃO FRACIONADA COM ETANOL

Para a realização da precipitação fracionada com etanol seguiu-se a metodologia de England e Seifter (1990) com modificações, onde o solvente foi arrefecido a uma temperatura de 0°C e em seguida adicionado gota a gota ao extrato enzimático bruto até as concentrações desejadas do mesmo (50 a 90%, v/v). A mistura permaneceu em contato por 1 hora em temperatura de -18°C antes de ser centrifugada a 10000 rpm por 20 minutos, a 4°C. O precipitado foi ressuspensionado, em tampão fosfato de sódio 0,02 M, pH 7,0, no mesmo volume de extrato adicionado durante o processo de precipitação. Os precipitados ressuspensionados foram estocados em freezer a -20°C para análises da atividade enzimática, do conteúdo proteico e aplicação da enzima.

2.6. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As peças de carne de braço bovino foram compradas em açougue da região, os pedaços foram cortados nas proporções de 8 cm x 5 cm x 3 cm e foi adicionado 1mL do extrato enzimático com auxílio de agulhas e posteriormente classificados em Controle (sem adição de extrato enzimático) e 80 % (adicionado do precipitado em etanol). Após a purificação parcial da bromelina aplicou-se a mesma no amaciamento de braço bovino.

2.7. ANÁLISE DE TEXTURA

Para determinação da força de cisalhamento foi utilizada a metodologia de Abularach, Rocha e Felício (1998) com modificações, onde as amostras de braço bovino (8x5x3) foram submetidas à cocção em banho-maria até o termômetro indicar a temperatura interna de 70°C. As amostras foram armazenadas em refrigerador por 24 horas. Após este período foram removidas da refrigeração e colocadas em temperatura ambiente durante 30 minutos, logo após foi extraída da amostra uma porção com auxílio de um cilindro de aço inoxidável, com diâmetro de 2,5 cm, para posterior medição em texturômetro TA-XT2, operando numa velocidade de 5 mm/s, utilizando a lâmina padrão de Warner-Bratzler (WB).

2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após obtenção dos resultados, os mesmos foram apresentados como média e desvio-padrão, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa Sistema de Análise de Variância (SISVAR) (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 OBTENÇÃO DA BROMELINA

A bromelina pode ser encontrada em diferentes espécies vegetais da família Bromeliaceae sendo localizada em seus tecidos, incluindo talo, fruto e folhas, onde o abacaxi (*Ananas cosmosus*) é o representante mais conhecido (MAURER, 2001). Uma Bromeliaceae que vem sendo estudada é o Carauá (*Ananas erectifolus* L. Smith) característica da Amazônia paraense. Foi comprovada que nela existem teores significativos da bromelina e demonstrado que seus níveis de purificação permitem provavelmente serem agregados a cremes, loções e a géis anti-inflamatórios (GARDENAL, 2011). Buttazzoni et al. (1984) avaliaram preparações proteoliticamente ativas obtidas a partir de frutos verdes e maduros de *Bromelia laciniosa* procedentes da Argentina. Os autores verificaram que os frutos maduros possuem maior atividade caseinolítica.

Como pode ser verificado, outras espécies da família também possuem o complexo enzimático conhecido como bromelina. Neste sentido, foi proposto uma avaliação da fitoprotease extraída de frutos de *Bromelia laciniosa*. Foram utilizados 500 g de material vegetal e obtidos 600 mL de extrato enzimático bruto. Após as análises de atividade proteolítica verificou-se que a mesma teve valor em torno de 18,03 U/mL.

3.2. PURIFICAÇÃO PARCIAL DA BROMELINA

De acordo com a Tabela 1, verificou-se que o melhor fator de purificação foi obtido na fração etanólica de 80% (1,31) sendo obtido um rendimento final de 91,36%.

Tabela 1. Resultados para a purificação parcial de bromelina obtida de frutos de *Bromelia laciniosa*.

Ensaio	AV (U/mL)	PT (mg/mL)	AE (U/mg)	FP	Rendimento (%)
EB	14,70	0,55	26,75	1 c	100
90%	5,18	0,34	15,55	0,58 f	35,24
80%	13,43	0,38	35,07	1,31 a	91,36
70%	13,58	0,67	20,39	0,76 e	92,38
60%	6,98	0,21	25,15	0,94 d	47,48
50%	5,93	0,20	28,49	1,06 b	40,34

AV – Atividade Volumétrica; **PT** – Proteína total; **AE** – Atividade Específica; **FP** – Fator de Purificação. Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Soares et al. (2012) ao avaliarem o processo de purificação de bromelina de resíduos do abacaxi utilizando etanol, verificaram um maior fator de purificação (2,28) e rendimento (98%) ao utilizar 70% do solvente. Já Costa et al. (2014) ao avaliar a purificação de bromelina obtida também dos resíduos do abacaxi obtiveram fatores de purificação em torno de 3,01 e rendimento de 89% para cromatografia de troca iônica e 16,96 rendimento de 23% para cromatografia de filtração em gel. A partir de comparação dos resultados obtidos neste trabalho com aqueles que utilizaram a mesma metodologia, percebe-se que a bromelina obtida da macambira proporcionou uma purificação eficiente, tendo em vista que a enzima

passou pelo processo de autólise (auto-degradação proteolítica), fator intrínseco uma vez que atividade dela diminuiu consideravelmente. Como a proteína está se degradando o reagente também não consegue detectar perfeitamente. Indumathy et al. (2017) após avaliar a purificação parcial de bromelina obtida de abacaxi utilizando acetona verificaram que na fração de 65% foi possível obter precipitado com rendimento entre 85-90%. Nurhidayat et al. (2018) extraíram a bromelina de abacaxi e verificaram após purificação por fracionamento com sulfato de amônio seguida pela cromatografia em de exclusão molecular fatores de purificação em torno de 8 e 28 vezes, respectivamente.

Embora a precipitação do etanol seja considerada uma técnica ultrapassada ainda é um método comum para recuperação e purificação parcial de enzimas. A técnica é de fácil manuseio e reprodução, utiliza-se o mínimo de equipamento e, o etanol é um solvente orgânico barato produzido largamente no Brasil e ainda pode ser recuperado por destilação simples (MARTINS et al., 2014). Além disso, os resultados aqui apresentados mostraram que a perda no rendimento foi insignificante quando comparado com outros processos de purificação.

3.3. ANÁLISE DE TEXTURA

A maciez é um dos parâmetros sensoriais mais importantes para avaliar a palatabilidade e aceitação da carne. Vários fatores podem influenciar este parâmetro sensorial, tais como biológicos, físicos, químicos e mecânicos. Os efeitos biológicos são principalmente enzimáticos (enzimas endógenas e exógenas) (LOCKER; HAGYARD, 1963). Neste sentido, os cientistas da carne têm se empenhado em melhorar a maciez da carne visando aumentar o desejo de compra pelos consumidores e produzir produtos cárneos sensorialmente aceitáveis (LI; XU; ZHOU, 2012).

O amaciamento da carne ocorre basicamente devido à degradação enzimática, e os biocatalisadores proteolíticos na carne são responsáveis pela maciez durante o envelhecimento. No entanto, enzimas exógenas de origem vegetais ou microbianas podem ser adicionadas quando é necessário um amaciamento adicional (LANTTO et al., 2009). Entre as enzimas vegetais encontram-se a papaína, a bromelina e a ficina. Segundo Calkin e Sullivan, a bromelina apresenta uma força de hidrólise excelente para as proteínas miofibrilares e moderada para o colágeno.

Após o tratamento das amostras, com bromelina extraída da macambira, foram obtidos os resultados apresentados na tabela 2. A partir da tabela 2 pode-se verificar que os

tratamentos com a bromelina foram estatisticamente diferentes em relação ao controle negativo, ao nível de 5% de probabilidade. As amostras tratadas apresentaram força de cisalhamento menor, onde a amostra com bromelina parcialmente purificada proporcional a menor força de cisalhamento. Isto indica que houve uma redução do tecido conjuntivo.

Tabela 2. Resultados obtidos após análise da força de cisalhamento.

Amostras	Força De Cisalhamento (Kgf)
Controle (sem tratamento)	6,9 a
Extrato bruto contendo bromelina	6,1 b
Bromelina parcialmente purificada	5,7 c

Médias seguidas por letras distintas na vertical diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Segundo Abularach, Rocha e Felício (1998), uma carne para ser considerada macia deve ter uma força de cisalhamento em torno de 5 kgf após análise da textura. O braço bovino, tratado neste trabalho, mesmo não sendo considerado macio após ser tratado com bromelina parcialmente purificada, apresentou uma redução de 1,2 kg (17,39%) em relação ao controle negativo. Vale ressaltar que a aplicação não foi otimizada, por meio de variação de tempo e temperatura de aplicação; e concentração de enzima aplicada, por exemplo.

Ahmet (2014) após realizar o tratamento enzimático com bromelina (4,5%) na carne de peito de pato cozido verificaram uma redução na textura de 34,18%. Moon (2018) ao avaliar a força de cisalhamento em carne bovina da raça holandesa, após injeção proteolítica contendo bromelina (50 ppm) durante 48 horas, verificou que a mesma apresentou uma redução 2,36 kgf (36,14%). Por outro lado, Ye et al. (2020) avaliaram o efeito da bromelina na qualidade da carne de pato salgado e defumado. As amostras de carne de pato inteiro foram marinadas em diferentes doses de bromelina (300 a 1500 U/g). Um grupo sem bromelina foi considerado como controle. Em comparação com o pato não tratado (> 4,08 kgf) as amostras tratadas apresentaram diminuição na dureza a partir da dose de 900 U/g (4,16 kgf), 1200 U/g (3,42 kgf) e 1500 U/g (2,94 kgf).

Barekat e Soltanizadeh (2017) avaliaram a melhoria da maciez da carne após aplicação simultânea de radiação ultra-sônica de alta intensidade e tratamento com papaína (0,1%, p/v). Os autores verificaram que após aplicação da enzima, isoladamente ou acoplada ao ultrassom, diminuiu significativamente o resíduo de filtragem, a força de cisalhamento e os parâmetros de textura. Singh et al. (2018) após avaliar o amaciamento de bifes com

bromelina de abacaxi (2 mL, 20 mg/mL), verificaram um decréscimo da textura de 17,78 a 5,67 kgf. Já Barido e Lee (2021) aplicaram, em peito de galinha, papaína e extrato enzimático contendo protease do fungo *Cordyceps militaris*. As amostras passaram pelo processo de marinação. Os autores realizaram os seguintes tratamentos: controle positivo (0,2% de papaína, p/v) e tratamentos (protease extraída do fungo em concentrações que variaram de 2 a 6%, p/v). O controle negativo não recebeu tratamento. O experimento foi avaliado no tempo zero, 1 dia e 4 dias. Os autores verificaram que no tempo zero não houve diferença estatística entre as amostras. Após 24 horas o controle positivo foi estatisticamente diferente, apresentando uma diminuição na força de cisalhamento, em relação ao controle negativo. No mesmo período, o extrato contendo protease de *Cordyceps militaris* proporcionou maior maciez a partir de 4% (2,41 kgf). Em 96 horas todos os tratamentos apresentaram uma maior maciez (1,72 a 2,52 kgf) quando comparados ao controle negativo (2,69 kgf).

A partir dos resultados verifica-se que a ação enzimática sofrerá influência do tipo de substrato proteico, concentração de enzima, tempo de aplicação, entre outros. A bromelina obtida dos frutos da macambira pode ser uma alternativa à bromelina extraída do abacaxi uma vez que foi capaz de hidrolisar as proteínas do braço bovino.

4. CONCLUSÃO

A busca por novas alternativas de proteases é atual e interessante. A bromelina é uma enzima de grande interesse biotecnológico e econômico devido ao seu poder amaciante. Os tratamentos dados na carne bovina provam a utilização eficaz da bromelina obtida da macambira. A bromelina se mostra bastante viável para futuras aplicações biotecnológicas e uma alternativa viável à bromelina extraída do abacaxi. No entanto, novos estudos devem ser realizados visando obter uma melhor condição de atividade ao submeter a enzima ao processo de aplicação (concentração da enzima, temperatura, pH, concentração salina e tempo mínimo de contato com o substrato). Ademais, estudos devem ser conduzidos visando à verificação da ação do biocatalisador em mistura com temperos e assim ser utilizado como amaciante de carne de baixo custo.

5. AGRADECIMENTOS

Ao IFPE, Campus Barreiros, pelas bolsas concedidas.

6. REFERÊNCIAS

ABULARACH, M.L.S.; ROCHA, C.E.; FELÍCIO, P.E. Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça nelore. **Food Science and Technology**, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.

AHMET, B. **Effect of bromelain on duck breast meat tenderization**. (All Theses) Mestrado em Ciências da Alimentação, Nutrição e Culinária – Escola da Universidade de Clemson, Estado da Califórnia do Sul, USA, 2014.

ASHIE, I.N.A.; SORENSEN, T.L.; NIELSEN, P.M. Effects of papain and a microbial enzyme on meat proteins and beef tenderness. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 6, p. 2138–2142, 2002.

BALA, M.; ISMAIL, N.A.; MEL, M.; JAMED, M.S.; MOHD, H.; AZURA AMID, S. Bromelain Production: Current trends and perspective. **Archives des Sciences**, v. 65, p. 369-399, 2012.

BAREKAT, S.; SOLTANIZADEH, N. Improvement of meat tenderness by simultaneous application of high-intensity ultrasonic radiation and papain treatment. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 39, p. 223-229, 2017.

BARIDO, F.H.; LEE, S.K. Tenderness-related index and proteolytic enzyme response to the marination of spent hen breast by a protease extracted from *Cordyceps militaris* mushroom. **Animal Bioscience**, v. 34, n. 11, p. 1859-1869, 2021.

BEKHIT, A.A.; HOPKINS, D.L.; GEESINK, G.; BEKHIT, A.A, FRANKS, P. Exogenous proteases for meat tenderization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, n. 8, p. 1012-1031, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução nº 27, de 2010. Dispõe sobre as categorias de alimentos e embalagens isentos e com obrigatoriedade de registro sanitário. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 6 de agosto de 2010.

BUTTAZZONI, M.S.; CAFFINI, N.O.; NATALLUCI, C.L.; PRIOLO, N.S. Proteasas de Bromeliaceae I. Estudio preliminar de la fracción proteolíticamente activa. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 3, p. 33-38, 1984.

CALKIN, C.R.; SULLIVAN, G. **Adding enzymes to improve beef tenderness. Beef fact. Product enhancement**. Lincoln, NE: University of Nebraska, 2007.

CHARNEY, J.; TOMARELLI, R.M. A colorimetric method for the determination of the proteolytic activity of duodenal juice. **Journal of Biological Chemistry**, v. 171, p. 501-505, 1947.

COSTA, H. B.; FERNANDES, P. M. B.; ROMÃO, W.; VENTURA, J. A. A new procedure based on column chromatography to purify bromelain by ion exchange plus gel filtration chromatographies. **Industrial Crops Products**, v. 59, p. 163-168, 2014.

ENGLARD, S.; SEIFTER, S. **Precipitation techniques**. In: Guide to protein purification, Deutscher, M.P. San Diego. 1ª ed, Academic Press, 1990.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. 1ª ed, UFLA, 2011.

INDUMATHY, S.; KIRUTHIGA, K.; SARASWATHI, K.; ARUMUGAM, P. Extraction, partial purification and characterization of bromelain enzyme from pineapple (*Ananas comosus*). **Indo American Journal of Pharmaceutical Research**, v. 7, p. 566-579, 2017.

KIRINUS, J.K.; FRUET, A.P.B.; TEIXEIRA, C.; DORR, A.C.; NORBERG, J.L. Aplicação da genética molecular para melhoria da qualidade da carne bovina. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, v. 18, p. 165-174, 2014.

KOBLITZ, M.G.B.; SANTOS, L.F. **Proteases**. In: KOBLITZ, M.G.B. Bioquímica dos Alimentos - Teorias e aplicações práticas: Rio de Janeiro. 1ª ed, Guanabara Koogan, 2008.

LANTTO, R.; KRUIUS, K.; PUOLANNE, E.; HONKAPÄÄ, K.; ROININEN, K.; BUCHERT, J. **12 Enzymes in meat processing**. In: ROBERT, J.W.; MAARTEN, V.O: Enzymes in food technology: Hoboken. 2ª ed, Blackwell, 2009.

LI, S.; XU, X.; ZHOU, G. The roles of the actin-myosin interaction and proteolysis in tenderization during the aging of chicken muscle. **Poultry Science**, v. 91, n. 1, 150-160, 2012.

LOCKER, R.H. & HAGYARD, C.J. A cold shortening effect in beef muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 14, p. 787-793, 1963.

LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L; RANDALL, R.J. Protein measurement with the Folin-Phenol reagent. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 193, p; 265-276, 1951.

MADHUSANKHA, G.D.M.P.; THILAKARATHNA, R.C.N. Meat tenderization mechanism and the impact of plant exogenous proteases: A review. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 14, p. 1-18, 2021.

MARQUES, R.F. **Ação de enzimas de origem vegetal (Bromelina e Ficina) sobre anticorpos produzidos por cavalos imunizados com veneno de *Bothrops jararaca***. 2016. (Dissertação) Mestrado em Tecnologia Químico-Farmacêutica - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

MAURER H. R. Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 58, p. 1234 - 45, 2001.

MOON, S.S. Effect of Proteolytic Enzymes and Ginger Extract on Tenderization of M. pectoralis profundus from Holstein Steer. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 38, n. 1, p. 143-151, 2018.

NURHIDAYAT I.; SETIASIH, S.; HANDAYANI, S.; HUDIYONO, S. Kinetic studies of bromelain purified from Palembang pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr) using gel filtration chromatography and its activity as antiplatelet aggregation. **AIP Conference Proceedings**, v. 2023, n. 1, p. e020068 (1-6), (2018).

ORSINI, R. A. Bromelain. **Plastic and Reconstructive Surgery**, v. 118, p. 1640-1644, 2006.

POOJA, K.M.; RANI, S.; PAL, P.; PAL, G. K. **Application of microbial enzymes for the tenderization of meat.** In: PRAKASH, B. Research and Technological Advances in Food Science: United States of America. 1ª ed, Academic Press, 2021.

PRIOLO, N. S.; BUTTAZZONI, M. S.; CAFFINI, N. O.; NATALUCCI, C. L. Proteasas de Bromeliaceae. III. Condiciones Optimas de Acción. Estabilidad y Purificación de la Proteasa Aislada de Frutos de *Bromelia laciniosa* Mart. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 5, p. 159-164, 1986.

PUGA, D.M.U.; CONTRERAS, C.J.C.; TURNBULL, M.R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 88-96, 1999.

SINGH, TA.; SARANGI, P.K.; SINGH, N.J. Tenderisation of Meat by Bromelain Enzyme Extracted from Pineapple Wastes. **International Journal Of Current Microbiology And Applied Sciences**, v. 7, n. 9, p. 3256-3264, 2018.

SOARES, P. A. G.; CORREIA, M. T. S.; VAZ, A. F. M.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G. Purification of bromelain from pineapple wastes by ethanol precipitation. **Separation and Purification Technology**, v. 98, p. 389-395, 2012.

YE, Z.; ZHANG, J.; LORENZO, J.M.; ZHANG, M.; ZHANG, W. Effects of bromelain on the quality of smoked salted duck. **Food Science and Nutrition**, v. 9, n. 8, , p. 4473-4483, 2021.

ETNOFARMACOLOGIA DA *Luffa operculata* COGN

Rebeka Caribé Badin^{1,2} e Liliane Rosa Alves Manaças¹

1. Instituto Nacional do Câncer, Rio de Janeiro, Brasil;
2. Hospital Universitário Getúlio Vargas, Amazonas, Brasil.

RESUMO

Luffa operculata Cogn. pertence à família Cucurbitaceae, sendo popularmente conhecida como buchinha, cabaçinha, purga-de-jalapa e purga-dos-paulistas. Seu fruto é empregado na medicina popular tradicional principalmente como purgante, emenagogo e descongestionante nasal. Na homeopatia é largamente utilizada para o tratamento de sinusite e rinite. O perfil fitoquímico demonstrou a presença glicosídeos, saponina e resina, além de esteróis livres, ácidos orgânicos, fenóis e ausência de taninos. Sendo produtora de triterpenos com esqueletos modificados denominados de cucurbitacinas, apresenta grande valor farmacológico devido as atividades anti-inflamatória, antitumoral e antimicrobiana. Entretanto, alguns estudos apresentam resultados contraditórios e existem lacunas de comprovação das suas reais atividades farmacológicas e dos mecanismos de ação. Por esse fato, apesar de ser largamente utilizada na medicina popular faz-se pertinente a realização de estudos mais aprofundados do perfil farmacológico e toxicológico no intuito viabilizar a obtenção de futuros fármacos.

Palavras-chave: *Luffa operculata*, Etnofarmacologia, Toxicidade e Medicina popular.

ABSTRACT

Luffa operculata Cogn. belongs to the family Cucurbitaceae, is popularly known as buchinha, cabaçinha, purga-de-jalapa and purga-dos-paulistas. Its fruit is used in traditional folk medicine mainly as a purgative, emmenagogue, and nasal decongestant. In homeopathy, it is widely used to treat sinusitis and rhinitis. The phytochemical profile showed the presence of glycosides, saponins, resin, free sterols, organic acids, phenols and the absence of tannins. It is a producer of triterpenes with modified skeletons called cucurbitacins, having great pharmacological value due to anti-inflammatory, antitumor, and antimicrobial activities. However, since some studies are contradictory, there are gaps in the evidence of the real pharmacological activities and their mechanisms of action. For this reason, despite being widely used in folk medicine, other studies are necessary for information on the pharmacological and toxicological profile to enable the obtainment of future drugs.

Keywords: *Luffa operculata*, Ethnopharmacology and Toxicity and folk medicine.

1. INTRODUÇÃO

O uso de plantas e produtos naturais como tratamento alternativo tem sido registrado desde as mais antigas civilizações. As informações sobre a utilização de plantas com fins medicinais no país têm sua história ligada à cultura dos povos indígenas e dos povos africanos (DE ALBUQUERQUE, 2001; CAVALCANTI, DE ANDRADE, LIMA, 2020).

O termo planta medicinal foi oficialmente reconhecido durante a 31ª Assembleia Mundial de Saúde, quando foi proposto que “planta medicinal é aquela, que administrada ao homem ou animais, por qualquer via ou sob qualquer forma, exerce alguma espécie de ação farmacológica. Muitas plantas medicinais foram incluídas no Sistema Único de Saúde (SUS) devido ao crescente reconhecimento de sua importância (DAVID, 2002; CARIBÉ, 2008; CAVALCANTI, DE ANDRADE, LIMA, 2020).

Apesar do uso milenar de plantas medicinais, ainda é escasso o número de estudos farmacológicos e toxicológicos, a fim de comprovar cientificamente suas ações. Atualmente 40% dos fármacos empregados na terapêutica são provenientes de fontes naturais, sendo 25% de plantas. Este percentual aumenta ainda mais se nos restringirmos apenas aos fármacos anticancerígenos e antibióticos (SILVA, 2007).

O interesse pela biodiversidade para a produção de medicamentos aumentou sensivelmente com a conclusão do genoma humano, uma vez que o número de possíveis alvos terapêuticos se elevou 500 para mais de 6 mil (CALIXTO, 2003; CARIBÉ, 2008).

Muitos vegetais que apresentam princípio ativo importante para várias patologias já fazem parte do arsenal terapêutico das quais destacamos: *Cynara scolymus* L., *Schinus molle* L., *Stryphnodendron barbatimam* Mart., *Theobroma cacao* L., *Symphytum officinale* L., *Hypericum perforatum* L., *Ginkgo biloba* L., *Malva sylvestris* L., *Bauhinia forficata* Link, *Phyllanthus niruri* L. e *Rheum palmatum* L. (CARIBÉ, 2008).

Vários trabalhos científicos relatam que a *Luffa operculata* Cong. pertence ao gênero, no qual foi evidenciado várias atividades farmacológicas interessantes, tais como: citotoxicidade, atividade anti-inflamatória, antitumoral e antimicrobiana, como também é amplamente utilizada na medicina popular.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. ESTUDOS SOBRE A *Luffa operculata* COGN.

2.1.1. Botânico

Luffa operculata Cogn. é nativa da América do Sul, especialmente do Brasil e cultivada comercialmente na Guatemala (CACERES, 1996; CARIBÉ, 2008). Outros sinônimos botânicos são: *Cucumis sepium* meyer, *Elaterium quinquefidum* Hook et. Arn., *Luffa drastica* Mart., *Luffa quinquefida* Seem., *Momordica bucha* Mart, *Momordica luffa* Vell, *Momordica operculata* Linn. e *Poppya operculata* Room (VASQUES, 1986). Trata-se de uma planta angiosperma e dicotiledônea da família Cucurbitaceae, amplamente distribuída em Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Ceará, entre outros estados. A família das cucurbitáceas apresenta 850 espécies com destaque no ramo alimentício e pelas propriedades medicinais (NASEEM, 1998; GALUCIO et al., 2022).

No Brasil, *Luffa operculata* Cogn. é popularmente conhecida como buchinha, cabaçinha, purga-de-jalapa e purga-dos-paulistas, entre outros nomes (SALVIANO, 1992), na América Latina sendo conhecida como esponjuelo, esponjilla, pachete, pepino de monte, zapallito de monte e cabacito (ALONSO, 2003).

Lorenzi e Matos (2002) descrevem *Luffa operculata* Cogn. como uma trepadeira herbácea, de caule muito ramificado e delgado que pode atingir 10 m de comprimentos, cujas folhas são alternadas, codiformes, recortadas com base invaginada e pecíolo anguloso, medindo cerca de 2 a 8 cm de comprimento por 3 a 15 cm de largura. As flores são amarelas, unissexuadas com cinco pétalas medindo até 2 cm e os frutos são oblongo-ovoides a fusiformes.

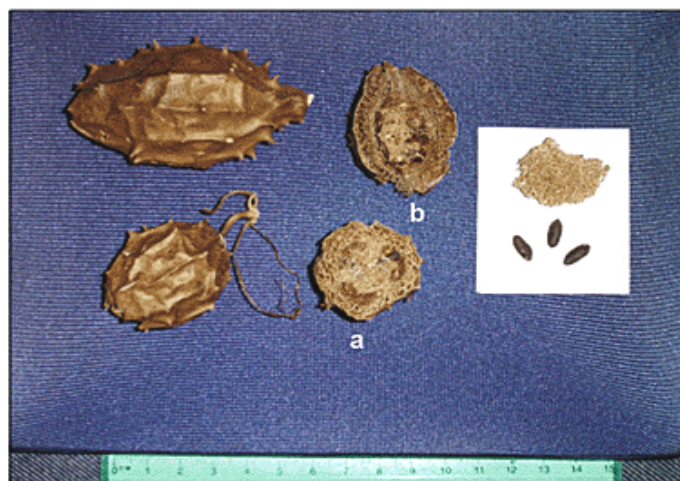


Figura 1. Frutos secos e sementes da *Luffa operculata*, corte transversal. (a) e longitudinal (b). (MENON MIYAKE, 2004).

2.1.2. Utilização Popular

Diversas espécies da *Luffa* vêm sendo estudadas com diferentes propósitos. Os frutos de *L. acutangula* Roxb e *L. aegyptiaca* Mill., apresentam interesse alimentar e na medicina popular. As sementes dessas espécies revelaram atividade antitumoral e abortiva. Os extratos de semente de *L. aegyptiaca* Mill. mostraram atividade hipoglicemiante e antifúngica, enquanto que os frutos da *L. acutangula* Roxb. apresentaram efeito hepatoprotetor (BROCK, 2003).

O fruto da *Luffa operculata* Cogn. é empregado na medicina popular tradicional principalmente como purgante, emenagogo e descongestionante nasal. Na homeopatia é utilizada para o tratamento de sinusite e rinite (GALUCIO et al., 2022; BROCK, 2003).

A literatura também se refere à utilização medicinal da buchinha no alcoolismo, febre, picada de cobra, doenças oculares, sífilis e icterícia. Adicionalmente, são descritas outras propriedades como: diurética, emética, irritante, mucolítica, sudorífica, vermífuga, hidragoga e expectorante (MENON MIYAKE, 2004).

2.1.3. Perfil Fitoquímico

A análise química dos frutos revelou ser constituído quimicamente por glicosídeos (açúcares redutores e não redutores), saponina e resina, além de esteróis livres, ácidos orgânicos, fenóis e com ausência de taninos. A família das cucurbitáceas desperta muito interesse, pois é bioprodutora de triterpenos com esqueletos modificados, altamente oxigenados denominados cucurbitacinas. Na resina foram encontrados: elaterina A, cucurbitacina B e D e isocucurbitacina B (MATOS, 1979).

Menon Miyake (2004), descreve os componentes presentes na *Luffa operculata* como: buchinha (princípio amargo), luffanino e buchina (alcalóides), saponinas, luperosídeos A-H (presentes nas partes aéreas da planta), metacarboxi-fenilalanina, elaterina e citrulina (encontrada nas sementes). A aglicona da saponina foi reconhecida como a gipsogenina (VASQUES, 1986).

As cucurbitacinas isoladas do gênero *Luffa* exercem várias atividades farmacológicas: citotóxica, antiinflamatória, antitumoral, antimicrobiana, dentre outras (EDERY, 1961). A cucurbitacina tem demonstrado uma promissora atividade antitumoral, pois atua na família janus quinase (uma família de tirosina quinases intracelulares envolvidas na transdução de

sinais mediados por citocinas através da via JAK-STAT) que está excessivamente ativada em diversas células tumorais (GALUCIO et al., 2022).

2.1.4. Perfil Farmacológico

Nos estudos de Champney e colaboradores (1974) o extrato da *Luffa operculata* não apresentou atividade significativa anti-inflamatória, analgésica e nem tampouco ações sobre os níveis pressóricos.

As cucurbitacinas possuem atividade inibitória no crescimento do Sarcoma 180, Sarcoma Black e do Carcinoma Ascítico de Ehrlich (SALVIANO, 1992).

Estudo realizado por Galucio et al. (2022) avaliou as atividades antiproliferativas e a genotoxicidade da *Luffa operculata* através do isolamento da cucurbitacina B, que apresentou melhor atividade antiproliferativa nas células cancerígenas devido a inibição JAK1 e JAK2 especialmente na luta contra câncer gástrico.

O estudo da atividade antiviral de um composto homeopático contendo *Luffa operculata*, *Euphorbium resinifera* e *Pulsatille pratensis*, usado para o tratamento de processos virais, descreve que apenas os dois últimos componentes apresentaram atividade antiviral (GLATTHAAR-SAALMULLER, 2001).

Nos resultados obtidos através de estudos “*in vitro*” e “*in vivo*” foi sugestiva a ação do extrato da *Luffa operculata* por mecanismos diretos e indiretos colinérgicos e também histaminérgicos. Essas ações concomitantes em relação ao seu uso no tratamento de sinusite podem provocar uma vasodilatação dos capilares da mucosa, que associada ao aumento da velocidade do movimento ciliar acelerariam a expulsão do exsudato inflamatório (SILVA, 1983). Porém, estudos farmacológicos preliminares com a *Luffa operculata*, mostraram que ela não tem atividade parassimpatomimética e nem bloqueadora do sistema nervoso simpático (SNS), pois não houve bloqueio da atropina e da adrenalina respectivamente, indicando que o seu mecanismo de ação é diretamente no sistema contrátil do músculo e que sua resposta hipotensora ocorre devido a vasodilatação periférica (AGUIAR, NEVES-PINTO, 1985).

Segundo Salviano (1992) o estudo do tratamento da sinusite com preparação contendo *Luffa operculata* e solução fisiológica indicou que essa associação se mostrou útil e a tolerância ao medicamento foi satisfatória. Outro estudo para avaliação da atividade antimicrobiana do extrato da *Luffa operculata* demonstrou atividade promissora *in vitro* contra agentes causadores de infecções bacterianas de vias áreas superiores (SCALIA et al., 2015).

Contudo, Wiesenauer (1989) realizou um estudo randomizado duplo-cego da eficiência de combinações de drogas homeopáticas para o tratamento da sinusite, das quais continham *Luffa operculata*. Neste estudo foi constatado que não houve diferença entre a combinação de drogas homeopáticas e o placebo.

2.1.5. Toxicológico

Vasques (1986), realizou teste de toxicologia para o extrato de *Luffa operculata* e demonstrou que a dose tóxica para o homem, extrapolada a partir da DL₅₀ obtida em modelos animais (camundongos), corresponde a 75 mg/Kg. Todavia, MATOS (2002) descreve que a DL₅₀ para ratos é de 170 mg/Kg, e Champney (1974) relata que a DL₅₀ foi aproximadamente 160 mg/Kg do extrato de *Luffa operculata* à 4%, em roedores. Por último, um estudo sobre avaliação toxicológica realizado por Caribé (2008) relatou uma DL₅₀ de 3,3 mg/ kg de peso corpóreo para camundongos albinos fêmeas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *Luffa operculata* é amplamente utilizada na medicina popular para o tratamento de sinusite e rinite, como também purgante e emenagogo. Seu perfil fitoquímico demonstrou a presença glicosídeos, saponina e resina, além de esteróis livres, ácidos orgânicos, fenóis e com ausência de taninos. Sendo produtora de triterpenos com esqueletos modificados denominados de cucurbitacinas, tem grande valor farmacológico devido as atividades anti-inflamatória, antitumoral e antimicrobiana. Entretanto, visto que alguns estudos são contraditórios, existem lacunas de comprovação das suas reais atividades farmacológicas e os seus mecanismos de ação. Por esse fato, apesar de ser largamente utilizada na medicina popular faz-se pertinente estudos mais aprofundados do perfil farmacológico e toxicológico no intuito viabilizar a obtenção de futuros fármacos.

4. REFERENCIAIS

AGUIAR, F. J. C.; NEVES-PINTO, R. M. Estudo farmacológico preliminar do cabacinho (*Momordica bucha*, L.). **Folha Médica**, v. 91, n. 2, p. 151-5, 1985.

ALONSO, J. R. **Tratado de Fitomedicina: bases clínicas y farmacológicas**. 2. ed. Buenos Aires: Isis Ediciones SRL, 2004.

BROCK, A. C.; et al. Estudo morfo-anatômico e abordagem fitoquímica de frutos e sementes de *Luffa operculata* (L) Cogn. Curcubitaceae. **Visão Acadêmica**, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2004.

CACERES, A. **Plantas de uso medicinal em Guatemala**. Guatemala: Universitaria, Universidad e San Carlos de Guatemala, 1996.

CALIXTO, J. B. Biodiversidade como fonte de medicamentos. **Ciência e Cultura**. v. 55, n. 3, p. 37-39, 2003.

CARIBÉ, R. A. **Abordagem da atividade biológica do extrato de *Luffa operculata* Cogn. (Cucurbitaceae)** (Dissertação) Mestrado em Ciências Farmacêuticas - Universidade Federal do Pernambuco, 2008.

CAVALCANTI, C. A.; DE ANDRADE, Y. V. S.; LIMA, C.G. Estudo etnobotânico sobre a contribuição do uso de plantas medicinais utilizadas no sítio frexeira velha, pertencente ao município de Pesqueira- PE. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 94929-94940, 2020.

CHAMPNEY, R.; FERGUSON, N. M.; FERGUSON, G.G. Selected pharmacological studies of *Luffa operculata*. J. Pharm. Sci., v. 63, n. 6, p. 942-3, 1974.

DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Plantas Mediciniais. Fármacos derivados de Plantas. In: DE ALBUQUERQUE, U. P. The use of medical plants by the cultural descendants of African people in Brazil. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 20, n. 2, p. 139-144, 2001.

EDERY, H.; et al. S. Arch. Int. Pharmacodyn. **Therapy**, v. 130, p. 315-335, 1961.

GALUCIO, N. C. R.; et al. Antiproliferative, genotoxic activities and quantification of extracts and curcubitacin B obtained from *Luffa operculata* (L.) Cogn. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 15, n. 2, p. 1-11, 2022.

GLATTHAAR-SAAMULLER, B.; FALLIER-BECKER, P. antiviral action of *Euforbium compositum* and its components. Försh. **Komplementärmed Klass Naturheilkd**, v. 8, n. 4, p. 207-212, 2001.

LORENZI, M.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil**. Nova Odessa, Instituto Platarum, 2002.

MATOS, F. J. A. Farmacognosia de *Luffa operculata* cogn. **Rev. Brasileira Farm.**, v. 60, n. 7/9, p. 69-76, 1979.

MENON-MIYAKE, M. **Efeitos da *Luffa operculata* sobre o epitélio e atividade mucociliar do palato isolado de rã**. (Tese) Doutorado em Otorrinolaringologia - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NASSEM, M.; PATIL, S. Antispermatic and androgenic activities of *Momordica charantia* (Karela) in albino rats. **J. Ethnopharmacol**, v. 61, p. 9-16, 1998.

SALVIANO, P. A. Revisão sobre o uso terapêutico da *Luffa operculata* Cogniaux (CABACINHA). **Rev Bras Med**, v. 49, n. 9, p 672-4, 1992.

SCALIA, R. A.; DOLCI, J. E. L.; UEDA, S.M.Y.; SASSAGAWA, S.M. *In vitro* antimicrobial activity of *Luffa operculata*. **Braz J Otorhinolaryngol**, v. 81, p. 422-30, 2015.

SILVA, E. A. **Contribuição para o Estudo farmacológico da *Luffa operculata* Cogniaux.** (Dissertação) Mestrado em Farmacologia - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1983.

SILVA, E. C. B. **Avaliação da *Caesalpinia echinata* Lam. (Fabaceae – Caesalpinioideae) Uso e riscos.** (Dissertação) Mestrado em Ciências Farmacêuticas - Universidade Federal do Pernambuco, 2007.

SILVA, P., **Farmacologia.** 6ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2002, p. 134-145.

VASQUES, C. A. V. VASQUES, N. V.; ARRAES, L. A., GELLER, M. Revisão farmacognóstica da cabacinha (*Luffa operculata* Cong.). **Folha méd**, v. 93, n. 3, p. 185-7, 1986.

WIESENAUER, M.; et al. Efficiency of homeopathic drug combination for the treatment of sinusitis. Results of a randomized double-blind study with general practitioners. **Arzneimittelforschung/Drug research**, v. 39, n. 5, p. 620-5, 1989.

EFEITO INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DO GÊNERO *Piper* E SEUS CONSTITUINTES

Thais Oliveira Souza¹ e Aline Fonseca do Nascimento²

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Colorado do Oeste, Rondônia, Brasil.

RESUMO

No Brasil existem inúmeras espécies medicinais com uso terapêutico, principalmente aquelas que produzem óleos essenciais. O país possui uma alta diversidade de *Piperaceae*, com mais 700 espécies, dentre as quais, 140-300 fazem parte da floresta úmida da Amazônia. Além disso, os óleos essenciais vegetais são considerados fontes para o desenvolvimento de novos produtos naturais com grande potencial biológico. Há estudos positivos com óleos de *Piperaceae* na literatura, comprovando o potencial inseticida. Sendo Assim, o objetivo do presente trabalho é realizar um levantamento de óleos essenciais do gênero *Piper* e seus constituintes que possuem potencial na formulação de novos produtos para a proteção de plantas contra artrópodes pragas.

Palavras-chave: *Piperaceae*, Inseticida e Pragas.

ABSTRACT

In Brazil there are numerous medicinal species with therapeutic use, especially those that produce essential oils. The country has a high diversity of *Piperaceae*, with over 700 species, among which 140-300 are part of the Amazon rainforest. In addition, plant essential oils are considered sources for the development of new natural products with great biological potential. There are positive studies with *Piperaceae* oils in the literature, proving the insecticidal potential. Therefore, the objective of the present work is to carry out a survey of essential oils of the *Piper* genus and its constituents that have potential in the formulation of new products for the protection of plants against arthropod pests.

Keywords: *Piperaceae*, Insecticidal and Pests.

1. INTRODUÇÃO

A família *Piperaceae* é uma das mais primitivas dentre as Angiospermas, podendo ser considerada como um "fóssil vegetal". As *Piperáceas* se dividem em mais de 10 gêneros possivelmente encontrados em regiões subtropicais e tropicais incluindo a Região

Amazônica. Dentro desta família o gênero *Piper* pode ser considerado o de maior importância, tanto do ponto de vista científico quanto econômico (MURILO FAZOLIN et al., 2006).

O metabolismo secundário na família *Piperaceae* apresenta-se como um dos mais versáteis das famílias botânicas conhecidas. Os metabólitos acumulados pelas espécies desta família de plantas caracterizam-se por serem oriundos da biossíntese mista (chiquimato/acetato), resultando na produção de amidas ou de compostos aromáticos essencialmente fenilpropanóidicos do tipo lignanas e neolignanas. Também se caracterizam pela ocorrência de terpenos, flavonóides e outras classes de produtos naturais. Dentre as espécies de *Piperáceas* a *Piper aduncum* L. vem sendo pesquisada por apresentar múltiplas atividades biológicas.

A espécie *Piper aduncum* pode ser encontrada desde o nível do mar até altitudes consideráveis. Sua distribuição geográfica se dá na América Central, Antilhas e América do Sul. No Brasil, é encontrada nos Estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Mato Grosso, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (MURILO FAZOLIN et al., 2006).

A partir da década de 90 a Embrapa Acre intensificou atividades de pesquisa relacionadas a produtos promissores oriundos de *Piperáceas*, como o óleo essencial rico em safrol, produzido a partir da biomassa da *Piper hispidinervum* e, mais recentemente, o óleo essencial de *Piper aduncum* com altos teores de dilapiol (MURILO FAZOLIN et al., 2006).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERÍSTICAS DA FAMÍLIA PIPERACEAE

Piperaceae são distribuídas pantropicalmente e incluem 2000 espécies, a maioria das quais ocorre nos gêneros *Piper* e *Peperomia* (JARAMILLO; MANOS, 2001). Indivíduos de *Piper* são facilmente reconhecidos no campo por seus caules e ramos nodosos, inflorescências tipo espiga e o típico aroma “picante” ou aromático, apresentam hábito herbáceo, arbustos, lianas de hábitos anuais ou perenes e pequenas árvores. As folhas, na maioria das espécies, são alternadas, comumente opostas, simples, sésseis ou pecioladas, de tamanho, forma e nervação variável. As inflorescências são terminais, opostas às folhas ou axilares, comumente solitária, ereta ou recurvada, de tamanho variável. As flores são

pequenas e numerosas. O fruto é uma pequena baga ou drupa, de várias formas, com um pericarpo fino e endocarpo às vezes endurecido e semente pequena (SILVA et al., 2017).

2.2. ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos essenciais são compostos químicos voláteis, menos densos e mais viscosos que a água à temperatura ambiente, podendo ser extraídos a partir de uma grande variedade de plantas, sendo normalmente encontrados, em baixas concentrações, em glândulas especiais da planta, denominadas tricomas (NAVARRETE et al., 2011). As principais características de um óleo essencial são sua fragrância e suas atividades antimicrobianas e antioxidantes, portanto, é largamente utilizado em indústrias de perfume, de aditivos naturais para aromatizar alimentos, indústrias farmacêuticas, por conter estruturas fenólicas que o tornam ativo contra microrganismos e em indústrias de cosméticos (NAVARRETE et al., 2011). As plantas que contêm óleo essencial em quantidade relativamente expressiva são conhecidas como plantas aromáticas.

Os óleos essenciais aparecem em grupos de células diferenciadas, que podem ser classificadas como estruturas secretoras externas e internas, as estruturas externas fazem parte da epiderme ou são modificações destas, tais como pêlos glandulares ou tricomas excretores.

As estruturas secretoras internas se formam quando o óleo se acumula entre as células do tecido parenquimático, que podem se diferenciar em glândulas lisígenas e esquizolisígenas e podem, também, se transformar em canais oleíferos (HAAGENS MIT, 1972).

Existem muitos estudos com referência à biossíntese dos componentes dos óleos e aos fatores que afetam a sua composição e concentração, mas tirar conclusões sobre a influência desses fatores na composição é difícil, uma vez que a variabilidade é grande e os fatores são muitos, podendo variar conforme clima, solo, regiões geográficas, duração do dia e da noite, idade da planta, órgão onde se localiza, e outros (SAITO; SCRAMIM, 2000).

Na agricultura, o conhecimento de que alguns dos compostos que fazem parte dos óleos essenciais podem atuar como antimicrobianos e outros como repelentes ou tóxicos para os herbívoros, tem estimulado pesquisas com o objetivo de fazer uso das plantas aromáticas para proteger culturas e produtos agrícolas armazenados, sem contaminar os alimentos com pesticidas sintéticos. São muitos os artigos publicados visando ao controle de pragas agrícolas, com o emprego de plantas aromáticas (SAITO; SCRAMIM, 2000), um

exemplo Silva e Bastos (2007) avaliaram a atividade fungitóxica do óleo essencial de dez espécies de *Piper*, coletadas na Amazônia, nas concentrações 0,1; 0,25; 0,5; 0,75 e 1 µl/ml, sobre o crescimento micelial e a germinação de basidiósporos de *Moniliophthora perniciosa* (sin. *Crinipellis perniciosa*), agente causador da vassoura-de-bruxa e sobre o crescimento micelial de *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*, causadores de podridão parda em frutos de cacaueteiro. A partir da concentração de 0,75 µl/ml do óleo de *Piper callosum* e na concentração de 1 µl/ml do óleo de *Piper marginatum* var. *anisatum* a inibição do crescimento micelial foi de 100%. O óleo essencial de *Piper dilatatum* foi o mais eficiente em inibir a germinação de basidiósporos de *Crinipellis perniciosa*, seguido pelos de *Piper callosum* e *Piper marginatum* var. *anisatum*. O óleo essencial de *Piper callosum* tem como composto majoritário o safrol (64%), além do α-pineno (6,9%) e metil-eugenol em menor concentração (2,7%). O óleo de *Piper aduncum* é rico em dilapiol, com ação antifúngica comprovada sobre *Crinipellis perniciosa*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. A atividade antifúngica destes óleos pode estar associada à presença de um desses ou da ação sinérgica dos compostos (SILVA; BASTOS, 2007).

2.3. ÓLEOS ESSENCIAL DE *Piper* COMO BIOINSETICIDA NA AGRICULTURA

A utilização de óleos essenciais (OEs) como alternativa aos inseticidas sintéticos é um campo que vem crescendo. Pesquisas têm mostrado resultados positivos para a utilização destes produtos como biocidas (SILVA et al., 2017). Uma ampla gama de OEs oriundos de plantas do gênero *Piper* tem demonstrado diferentes propriedades biológicas, como inseticida, antimicrobiana, anti-inflamatória, antioxidante, entre outras (MENDONÇA, JAMILA FARIAS, 1984; CARNEVALLI; ARAÚJO, 2015; FAZOLIN et al., 2016).

Esses óleos essenciais são produtos do metabolismo secundário das plantas, é o conjunto de reações químicas que ocorrem continuamente nas células, direcionadas pela ação de enzimas estas reações visam, inicialmente, sintetizar compostos como açúcares, aminoácidos, nucleotídeos e alguns polímeros, dentre outros, que vão garantir a sobrevivência dos organismos. Por ser a síntese destes compostos comuns aos seres vivos e diretamente relacionadas à manutenção da vida, são considerados integrantes do metabolismo primário. O metabolismo secundário difere do primário pelo fato de a produção das substâncias estar restrita na natureza e limitada a um menor número de espécies. Os metabólitos secundários, como são chamados os produtos derivados do metabolismo secundário, não estão diretamente ligados à manutenção da vida do vegetal, porém,

conferem vantagens à sua sobrevivência (SANTOS, 1999), permitindo melhor adaptação às condições impostas pelo ambiente (GROS et al., 1985).

Os vegetais se defendem pelo quimismo, pois as plantas não têm como se deslocar de um ambiente para outro com condições ambientes mais favoráveis à sua sobrevivência. Nem todas as funções dos metabólitos secundários na planta que o produz são conhecidas. Entretanto, são conhecidas as funções que garantem a sobrevivência dos vegetais na natureza como: proteção contra herbivoria (deterência, repelência e toxidez), atração de polinizadores ou dispersores de sementes, proteção aos raios ultravioleta, alelopatia e a atração de inimigos naturais.

As fitoalexinas são metabólitos secundários de baixo peso molecular, sintetizados pelos vegetais em resposta a estresses físicos, químicos ou biológicos. É um mecanismo de resistência a microrganismos patogênicos, pois se acumulam ao redor do tecido após infecção ou injúria, e possuem atividade antimicrobiana, sendo uma estratégia de sobrevivência de alguns vegetais. A indução de produção de fitoalexinas indica a presença de composto(s) com características eliciadoras e foram identificadas em mais de 20 famílias botânicas de vegetais superiores, caracterizando-se mais de 300 fitoalexinas, de diferentes classes de compostos químicos (cumarinas, flavonóides, sesquiterpenos). Tem-se como exemplo os sesquiterpenos risitina e capsidiol produzidos por algumas espécies de solanáceas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A fitoquímica do gênero *Piper* lista 600 constituintes químicos, pertencentes a diferentes classes de componentes bioativos, como alcalóides, amidas e propenilfenóis, entre muitos outros. A composição do óleo essencial de *P. aduncum*, coletada em diferentes locais da Região Amazônica, aponta o dilapiol, um éter fenílico, como seu componente mais abundante, existindo variedades desta espécie com teores de dilapiol próximos a 90%. Outras substâncias como sarisan e safrol, com bioatividade comprovada e apresentando em suas estruturas químicas o grupo metilenodioxifenil, são produzidas em menor quantidade junto com o dilapiol.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Óleos essenciais extraídos de plantas do gênero *Piper* e seus constituintes têm demonstrado ampla eficácia como bioinseticida no combate de diferenciadas pragas artrópodes, desde o campo até o armazenamento da produção.

A utilização de óleos essenciais tem sido fonte de moléculas bioativas para inseticidas sintéticos, bem como uma boa alternativa a estes quando extraídos diretamente das plantas ricas em ativos.

4. REFERÊNCIAS

FAZOLIN, M.; et al. Synergistic potential of dillapiole-rich essential oil with synthetic pyrethroid insecticides against fall armyworm. Santa Maria, RS, **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 382-388, 2016.

GROS, E.G.; POMILIO, A.B.; SELDES, A.M.; BURTON, G. **Introducción al Estudio de los Productos Naturales**. Washington. The General Secretariat of the Organization of the American States, 1985

HAAGEN-SMIT, A.J. **The chemistry, origin and function of essential oils in plant life** In: GUENTHER, E. The essential oils. Huntington: R.E. Krieger, 1972.

JARAMILLO, M.A. & MANOS, P.S. Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (*Piperaceae*). **American Journal of Botany**, v. 88, p. 706-716, 2001.

JEMÂA, J. M. B.; et al. Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. **Journal of Stored Products Research**, v. 48, p. 97-104, 2012.

KRINSKI, D.; et al. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian *Piper* species: controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 1-10, 2018.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A. Toxicity of essential oils from leaves of *Piperaceae* species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, p. 676-687, 2016.

LIMA, R. K.; et al. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta amazônica**, v. 39, n. 2, p. 377-382, 2009.

MENDONÇA, J. F. **Óleos essenciais de Piperáceas como alternativas para o controle de pragas**, 1984.

FAZOLIN, M.; et al. **Potencialidades da pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L): características gerais e resultados de pesquisa**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006.

OLIVEIRA, G. L.; et al. Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (*Piperaceae*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 4, p. 1227-1234, 2013.

- PEREIRA, A. C. R. L.; et al. Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR., 1775) (Coleóptera:Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.]. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 717-724, 2008.
- PEREIRA, R.; et al. **Produção de pimenta-longa (*Piper aduncum* L. e *Piper hispidinervum* C. DC.) no Ceará**. Embrapa Agroindústria Tropical/Comunicado Técnico (INFOTECA-E), Fortaleza, CE, 2012.
- SAITO, M.L.; SCRAMIN, S. **Plantas Aromáticas e seu Uso na Agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.
- SANTOS, R.I. **Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários**. In: SIMÕES, C. M. O.; et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre. Ed. da UFRGS; Florianópolis. Ed. da UFSC. 1999.
- SANTOS, T. L. B.; et al. Fitoquímica do óleo essencial de *Piper* e toxicidade aguda sobre *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 12, n. 4, p. 484-489, 2017
- SILVA, D.M.H.; BASTOS, C.N. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de *Piper* sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 143-145, 2007
- SILVA, W. C.; et al. Toxicity of *Piper aduncum* L. (*Piperales: Piperaceae*) from the Amazon forest for the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 164, n. 2-4, p. 267-274, 2009.
- SILVA, J. K.; et al. Essential oils from neotropical *Piper* species and their biological activities. **International Journal Molecular Sciences**, v. 18, n. 12, p. 2571, dez. 2017.
- SILVEIRA, J. C.; et al. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2038-2052, 2012
- SMITH, J. F., STEVENS, A. C., TEPE, E. J., & DAVIDSON, C. Placing the origin of two species-rich genera in the late cretaceous with later species divergence in the tertiary: a phylogenetic, biogeographic and molecular dating analysis of *Piper* and *Peperomia* (*Piperaceae*). **Plant Systematics and Evolution**, v. 275, n. 1, p. 9-30, 2008.
- SOBREIRA, P. H. M., HERNANDEZ, A. E. F., & SOUZA, A. D. Inventário das espécies de *Piperaceae* ocorrentes em três áreas de Porto Velho-RO e caracterização dos óleos essenciais de *Piper tuberculatum* jacq. com potencial ação de controle de fitopatógenos. **Saber Científico**, v. 61, p. 20-26, 2017.
- SOUTO, R. N. P. Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper* L. (*Piperaceae*) em operárias de *Solenopsis saevissima* F Smith (Hymenoptera: Formicidae), em laboratório. **Biota Amazônia**, v. 1, n. 1, p. 42-48, 2012.
- SOUZA, A. P.; et al. Insecticidal effects of extracts from native plants to Mato Grosso do Sul, Brazil, on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: curculionidae). **BioAssay**, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2010.

SOUZA, L. P.; et al. Toxicity and sublethal effects of allyl isothiocyanate to *Sitophilus zeamais* on population development and walking behavior. **Journal of pest science**, v. 91, n. 2, p. 761-770, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª. Ed. Porto Alegre: Ed. Artmed. 2004.

YUNCKER, T. G. **New species of Piperaceae from Brazil** (No. 3). Instituto de Botânica, 1966.

YUNCKER, T. G. **The Piperaceae of Brazil**. Hoehnea, 2, 1972.

TECNOLOGIAS 3D APLICADAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA

**Manuela Jucá Correia¹, Maria Isabel Afonso da Silva¹, Ester Nascimento da Costa¹,
Victor Silva Vasconcelos^{1,2}, Raphael Coutinho Mello^{1,2}, Matheus Nascimento
Oliveira^{1,3}, Cailane Costa Maia¹ e Tiago Lucena da Silva^{1,2,3}**

1. Universidade Federal do Acre (UFAC) - Campus Floresta – Centro Multidisciplinar, Cruzeiro do Sul, Acre;
2. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós Graduação em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental – Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais – Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil.

RESUMO

O uso das novas tecnologias pode contribuir para o ensino de ciências e biologia, tornando os conteúdos abordados em sala de aulas mais interessantes e empolgantes aos alunos. A tecnologia 3D ou manufatura aditiva é caracterizada pela sobreposição de camadas, com o intuito de formar ao final um objeto tridimensional, sendo bastante utilizada em diversas áreas, como setor aeroespacial, automotivo, medicina e ciências. Este trabalho teve como objetivo aplicar a tecnologia de escaneamento e impressão 3D para a produção de recursos didáticos para o ensino de ciências e biologia. Para isso, modelos de peças anatômicas foram utilizados para produção de novas peças a partir do escaneamento com o equipamento EinScan Pro 2x 2020, cujas câmeras acopladas no equipamento detectam a superfície, cor e textura de objetos e adquirem imagens em alta resolução. Também foram utilizados arquivos disponíveis nas plataformas digitais: Sketchfab e Thingiverse. As peças foram produzidas em três de impressoras; CR 3040 Pro, LD006 e CR-10s Pro V2, sendo produzidos um total de 45 peças. As peças obtidas a partir da impressão 3D de filamento e resina demonstraram qualidade satisfatória, podendo ser utilizadas em várias áreas de ciências e biologia. Por meio deste trabalho foram produzidas 33 peças de modelos anatômicos do órgão reprodutor masculino entregues à Secretaria de Saúde do município de Cruzeiro do Sul - Acre, para serem utilizadas em ações e atividades voltadas à educação sexual com o intuito de orientar jovens e adolescentes. Também foram produzidas peças que podem ser utilizadas em disciplinas como anatomia e fisiologia humana e animal, uma vez que proporcionam melhor visualização da organização estrutural dos organismos. Os resultados obtidos por meio deste estudo demonstram o potencial de aplicação da tecnologia de impressão 3D para o ensino, cujo material produzido pode ser utilizado para exemplificar conceitos teóricos abordados em sala de aula.

Palavras-chave: Ciências, Biologia e 3D.

ABSTRACT

The use of new technologies can contribute to the teaching of science and biology, making the contents covered in the classroom more interesting and exciting to students. 3D technology or additive manufacturing is characterized by the overlapping of layers, in order to form a three-dimensional object at the end, being widely used in several areas, such as aerospace, automotive, medicine and science. This work aimed to apply the technology of scanning and 3D printing for the production of didactic resources for the teaching of science and biology. For this, models of anatomical parts were used to produce new parts from scanning with the EinScan Pro 2x 2020 equipment, whose cameras attached to the equipment detect the surface, color and texture of objects and acquire high resolution images. Files available on digital platforms were also used: Sketchfab and Thingiverse. The parts were produced on three presses; CR 3040 Pro, LD006 and CR-10s Pro V2, with a total of 45 pieces being produced. The parts obtained from 3D printing of filament and resin showed satisfactory quality and can be used in various areas of science and biology. Through this work, 33 pieces of anatomical models of the male reproductive organ were produced, delivered to the Health Department of the municipality of Cruzeiro do Sul - Acre, to be used in actions and activities aimed at sex education, in order to guide young people and teenagers. Pieces were also produced that can be used in subjects such as human and animal anatomy and physiology, as they provide a better view of the structural organization of organisms. The results obtained through this study demonstrate the potential application of 3D printing technology for teaching, whose material produced can be used to exemplify theoretical concepts addressed in the classroom.

Keywords: Science, Biology and 3D.

1. INTRODUÇÃO

O uso de novas tecnologias é de fundamental importância para a educação, facilitando o entendimento de conceitos teóricos e motivando o envolvimento dos discentes e a aprendizagem. No final da década de 90, o Prof. William Mitchell no MIT (Massachusetts Institute of Technology) da escola de arquitetura e planejamento, promoveu a criação do primeiro laboratório de produção digital de Modelagem por Fusão e Depósito (FDM) em uma escola de arquitetura (CELANI, 2012).

A tecnologia conhecida como impressão em três dimensões (3D) ou também manufatura aditiva é caracterizada pela sobreposição camada a camada visando formar, ao final, um objeto tridimensional (AGUIR, 2016).

Setores como a indústria naval e automotiva utilizam máquinas de prototipagem rápida para o desenvolvimento de produtos. Por exemplo, o porta-aviões americano USS Harry S. Truman e o navio de assalto anfíbio USS Kearsarge são equipados com impressoras 3D para a produção personalizada de peças, permitindo às equipes

solucionarem tarefas de forma rápida e prática caso alguma peça dos navios quebre, sua reposição é mais simples (VERGAKIS, 2015).

Na indústria automotiva é utilizada a impressão 3D de modo a melhorar o 'design' e os processos de construção. A Ford economizou bilhões de dólares e milhões de horas de trabalho imprimindo cerca de 500.000 peças de seus automóveis, construídas desde peças para o motor até acessórios como assentos e volantes dos veículos (FORD, 2016).

O uso dessa tecnologia é amplo também na área de ensino em biologia e saúde, na qual é possível criar modelos que podem ser usados como ferramenta didática, permitindo a compreensão de estruturas complexas como modelos cardíacos e células musculares, entre inúmeras outras (COSTELLO et al., 2014; BAGLEY; GALPIN, 2015).

Um elemento chave para a compreensão e desenvolvimento dos conhecimentos adquiridos pelos alunos é o uso de recursos didáticos, cuja aquisição muitas vezes representa um desafio, tornando a impressão 3D uma alternativa para os estudantes. A aplicação dessa tecnologia torna possível a aprendizagem sobre a fisiologia e anatomia de órgãos sem depender de cadáveres, já que adquirir esse recurso didático para a maioria das instituições se torna muitas vezes inviável não apenas devido a questões financeiras, mas também em razões éticas, legais e culturais (ABOUHASHEM et al., 2015).

O processo de aprendizagem se torna deficitário muitas vezes devido à ausência de correlação dos conteúdos com pontos de fixação, ou seja, um instrumento que permita melhor orientar o aluno em determinados assuntos (PEDRANCINI et al., 2007). O uso de material didático palpável pode ser utilizado para aprimorar as informações passadas aos estudantes, pois proporciona a experimentação dando oportunidade aos mesmos de relacionarem a teoria à prática e, conseqüentemente, tornar mais simples a compreensão de conceitos, além de desenvolver habilidades e competências, por meio de experiências que podem promover motivação e envolvimento dos alunos nos temas estudados (CAVALCANTE; SILVA, 2008).

Na década de 50, já se tem registro do uso de modelos utilizados como ferramenta ilustrativa. James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin utilizaram uma representação tridimensional para explicar a estrutura da dupla hélice da molécula de DNA, o que contribuiu para a aceitação da comunidade científica da época (JUSTINA; FERLA, 2013). Desde então, a construção de modelos didáticos tem se consolidado como uma ferramenta útil para promover uma abordagem simples de vários aspectos (SILVA; SILVA FILHA; FREITAS, 2016).

A tecnologia moderna vem a ser uma solução para várias práticas pedagógicas, em específico, para o estudo de anatomia, pois a impressão 3D promove fidelidade a modelos anatômicos a partir do escaneamento em alta resolução (THOMAS et al., 2016). O processo de fabricação de objetos em três dimensões Prototipagem Rápida (RP – Rapid Prototyping), promove a produção de peças por sobreposição de camadas através do aquecimento de filamentos ou catálise de resina fotopolimerização, com objetivo de formar ao final um objeto tridimensional a partir de um modelo digital (RAULINO, 2011).

Os modelos impressos em 3D podem ser utilizados de forma educativa para elucidar conceitos em diversas áreas do conhecimento, dessa forma o presente estudo teve como objetivo a utilização da tecnologia de escaneamento e impressão 3D para elaboração e produção de material didático a serem utilizados para o ensino de ciências e biologia.

2. MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido junto ao Laboratório de Biologia Animal da Universidade Federal do Acre (Ufac) - Campus Floresta. Foram produzidas peças a partir do escaneamento de modelos ósseos reais e de modelos anatômicos didáticos do laboratório de anatomia da Universidade Federal do Acre (Ufac) - Campus Floresta e também de arquivos disponíveis nas plataformas digitais: Sketchfab e Thingiverse.

2.1. ESCANEAMENTO DAS PEÇAS

Modelos de peças anatômicas foram utilizados para produção de novas peças a partir do escaneamento com o equipamento EinScan pro 2x 2020, que possui um conjunto de câmeras para realizar o escaneamento manual, sendo capaz de entregar modelos 3D de alta qualidade para impressão. As câmeras detectam a superfície do objeto e adquirem imagens em alta resolução e após o escaneamento ocorre o pós-processamento no software de digitalização EXScan pro, que fornece edição de malha, preenchimento de falhas, suavização e nitidez para adequação do arquivo para impressão.

Os arquivos são gerados nos formatos: STL, OBJ, PLY, ASC, 3MF e P3, a partir dos quais as peças são produzidas em impressoras 3D, modelos: CR 3040 Pro, LD006 e CR-10s pro V2. Foram produzidas um total 45 peças, a fim de serem utilizadas no ensino de

ciências e biologia, com foco em anatomia humana e animal, anatomia comparada e educação sexual. As estruturas produzidas a partir do escaneamento 3D estão representadas na tabela 1, com identificação para estrutura escaneada realizada manualmente e com auxílio da base giratória.

Tabela 1. Estruturas escaneadas a partir do EinScan pro 2x 2020, com câmera para captura de cor e textura, e base giratória para escaneamento.

Estrutura escaneada	Tipo de escaneamento
Escápula	Escaneamento manual
Sacro	Escaneamento manual
Fêmur	Escaneamento manual
Vértebra	Base giratória

2.2. IMPRESSÃO 3D

As impressoras de filamento CR 3040 Pro e CR-10s pro V2 possuem tecnologia baseada na sobreposição de camadas de material termoplástico, através do aquecimento de filamentos, de modo a formar ao final um objeto sólido (RAULINO, 2011). Os materiais utilizados foram ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) e PLA (Ácido Polilático). Foram também impressas peças na impressora de resina LD006, cuja tecnologia é baseada na catálise de resina por meio de fotopolimerização (BADOTTI, 2003).

O tempo de impressão de cada peça variou conforme o tamanho e detalhe da mesma, isso ocorre tanto para as peças em filamento quanto para as peças de resina. O processo de cura das peças produzidas em resina utiliza produtos químicos como álcool para realizar a limpeza dos possíveis resquícios de resina, após isso é necessário colocar a peça em uma estação de cura com luz UV, que consiste em solidificar e retirar o excesso de resina. O tempo utilizado nesse processo foi de 15 a 20 minutos dependendo do tamanho da peça em resina. A tabela 2 apresenta os tipos de estruturas impressas, material utilizado na produção das peças e respectivo tempo de impressão.

Tabela 2. Estrutura impressa, tipo de material utilizado Ácido Polilático (PLA), Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) ou resina e tempo de impressão.

Estrutura impressa	Material	Tempo de impressão
Ossos da pelve	Filamento (PLA)	5h 32min cada peça
Encéfalo	Resina	8h 7min 2s
Crânio de crocodilo	Resina	14h 19min 19s
Crânio de primata	Resina	12h 10min
Fígado	Filamento (PLA)	1 dia 11h 15min
Coração	Resina	5h 25min 9s
Pulmão	Resina	8h 53min 42s
Articulação do joelho	Filamento (PLA)	21h 15min
Vértebra	Resina	10h
Sacro	Filamento (ABS)	16h
Pênis	Filamento (ABS) e (PLA)	8h

2.3. PÓS-PROCESSAMENTO

O pós-processamento torna a impressão 3D ainda mais realista, sendo necessário primeiramente realizar o lixamento para reduzir possíveis imperfeições. Nessa etapa são utilizadas diferentes graduações de lixa, que geralmente começa com a de número n° 80, depois n° 220, n° 600 e finaliza com a de n° 2000. O lixamento deve ser finalizado quando a peça estiver totalmente lisa e sem riscos paralelos. Posteriormente, é iniciado o processo de pintura, que se inicia com aplicação do Primer, que tem por finalidade o preenchimento de falhas, uniformização e preparação da superfície para melhor adesão da tinta.

Foram utilizados pincel e aerógrafo para aplicação de primer e tinta. As tintas acrílicas fosca e brilhante utilizadas são da marca acrillex®. A pintura à mão é de fácil aplicação, não

possui custo elevado, sendo necessário pincéis de boa qualidade, de modo a produzir traços firmes nas peças. Já a pintura com aerógrafo consiste no uso deste equipamento, que pulveriza a tinta com auxílio do compressor de ar, de modo que a tinta seja liberada por pressão em alta velocidade. É um método que exige técnica, porém resulta em qualidade superior e excelente acabamento. Ao final do processo de pintura é realizada a aplicação de verniz, cujo objetivo é promover proteção e durabilidade às peças. A figura 1 apresenta uma peça óssea produzida em filamento do tipo PLA sendo aplicado primer, após realizado o lixamento.

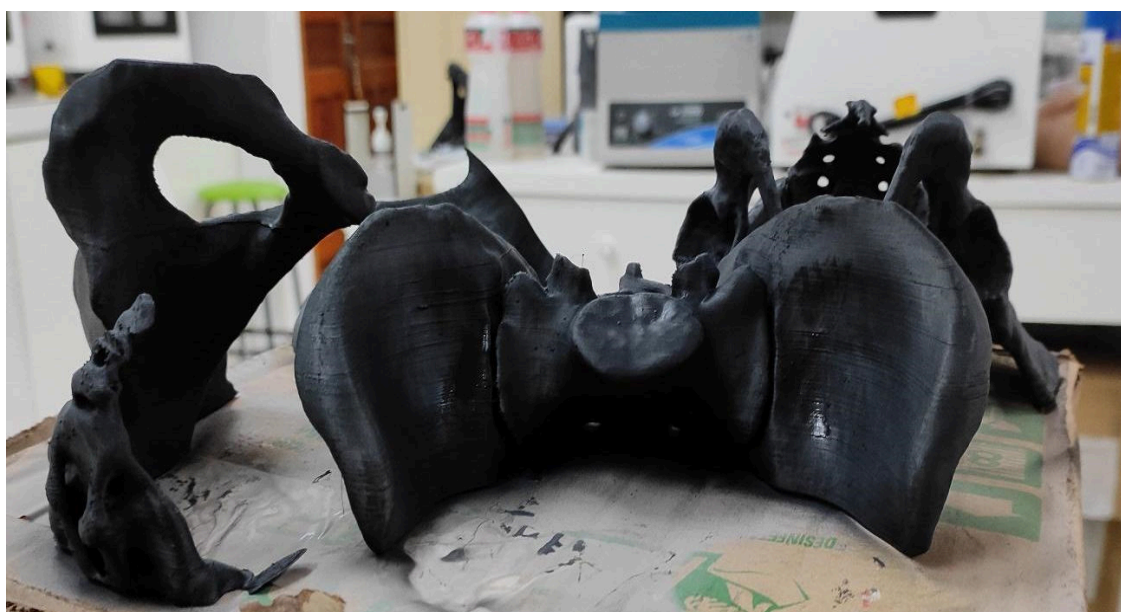


Figura 1. Aplicação de primer realizada com auxílio de aerógrafo em uma pelve masculina produzida em Ácido Polilático (PLA).
Arquivo obtido por meio da plataforma digital Sketchfab.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da impressão 3D de filamento e resina, após pintura e acabamento, estão representados na figura 2. As peças produzidas demonstram qualidade satisfatória, podendo ser utilizadas como ferramenta educacional alternativa e complementar, útil para o ensino em várias áreas de ciências e biologia. As imagens A, B, C, F, G, H, I, J e K representadas na figura 2 foram facilmente obtidas nos bancos de dados dos sites *Sketchfab* e *Thingiverse*, enquanto as imagens tridimensionais D e E, foram elaboradas por meio do escaneamento digital.

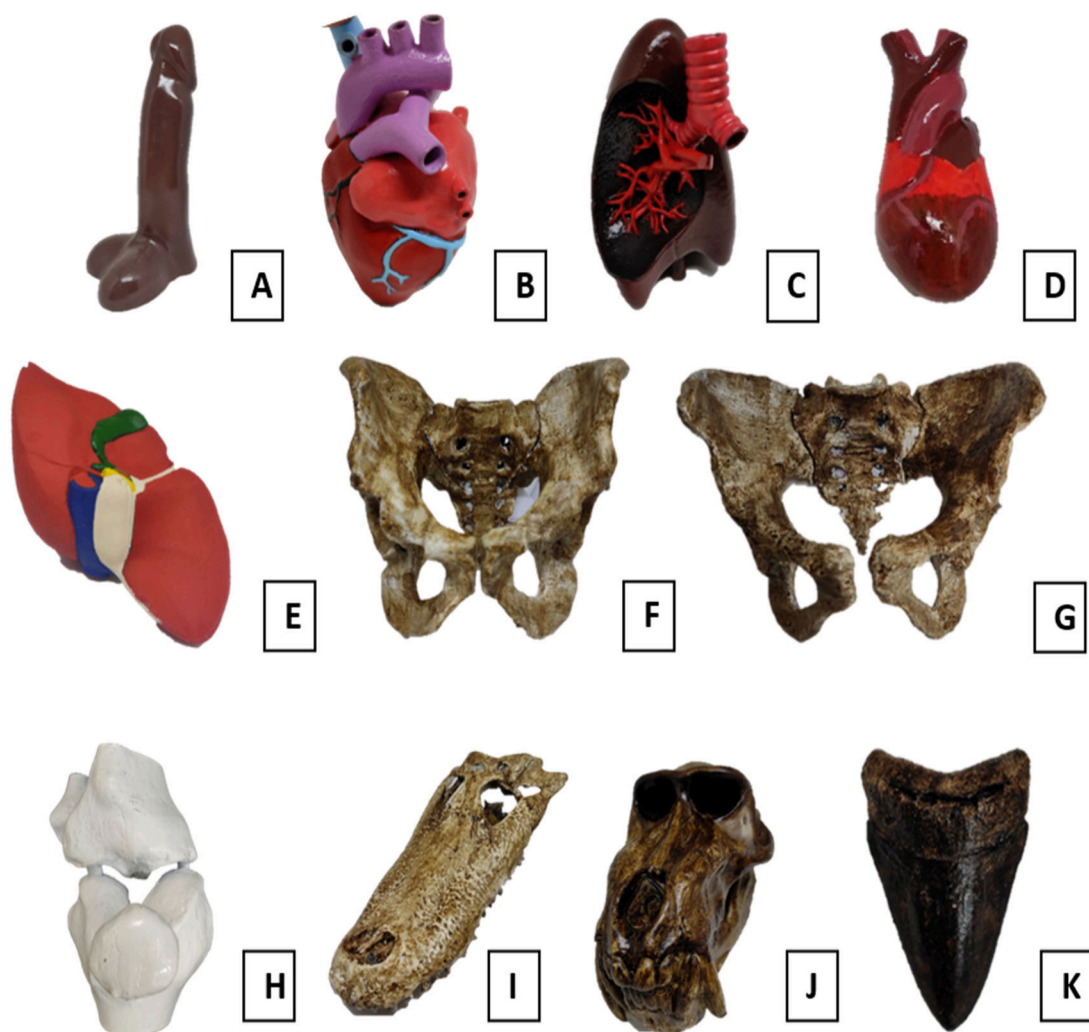


Figura 2. Peças produzidas por impressão 3D.

A – órgão reprodutor masculino de filamento em ABS, B – Coração humano em resina, C – Pulmão em resina, D – Coração humano em filamento PLA, E - Fígado em filamento PLA, F – Pélvis masculina em filamento PLA, G – Pélvis feminina em filamento PLA, H – Articulação do joelho, I -Crânio de um crocodilo, J – Crânio de um primata mandril (*Mandrillus leucophaeus*) e K - Dente do tubarão Megalodon (*Carcharocles megalodon*, Agassiz, 1843).

Foram produzidas 33 peças de modelos anatômicos do órgão reprodutor masculino (Figura 2-A), entregues à Secretaria de Saúde do município de Cruzeiro do Sul - Acre, para serem utilizadas em ações e atividades voltadas à educação sexual com o intuito de orientar jovens e adolescentes sob os aspectos relacionados à reprodução humana. Na figura 3 está o registro da entrega das peças à secretária de saúde do município. Valéria Lima, secretária atual de saúde, apontou que as ações voltadas para a educação sexual nas escolas do município são realizadas sem o aporte de material didático, o que, segundo ela, não é o ideal, pois a atenção do público fica dispersa.



Figura 3. Peças produzidas no laboratório de Biologia Animal e entregues à Secretaria de Saúde do município de Cruzeiro do Sul – Acre.

Segundo Borges (2002), os professores de modo geral entendem haver uma melhor assimilação dos conteúdos quando aliados a atividades experimentais, contudo essas atividades são raramente realizadas, devido principalmente à falta de recursos didáticos e de tempo de elaboração para a realização de atividades como forma de ensino. A impressão 3D pode facilitar e amenizar esse cenário, podendo ser uma alternativa para atender as demandas do município e do estado, fornecendo material de apoio para atividades educativas.

As peças (Figura 2 - B, C, D, E, F, G e H) podem ser utilizadas em disciplinas de anatomia oferecidas a diversos alunos das áreas de saúde e ciências biológicas da Universidade Federal do Acre - Campus Floresta. A instituição já conta uma variedade de recursos como atlas de anatomia e modelos anatômicos, contudo estes não são suficientes para fins de ensino, visto que a quantidade não consegue atender todas as demandas em termos de práticas em sala de aula, tornando a impressora 3D uma ferramenta capaz de facilitar o entendimento e aquisição de conhecimento a longo prazo.

Uma vez gerado um modelo digital é possível replicar o objeto quantas vezes forem necessárias. De acordo Yossef (2015), a impressão 3D é um processo de fabricação rápido, devido ao acúmulo de camadas sobre camadas para criar um objeto sólido tridimensional. Devido a estas vantagens, a tecnologia de impressão 3D está sendo utilizada em diversas áreas, incluindo medicina, setor automotivo e aeroespacial. As impressoras 3D promovem a construção de objetos com um nível de detalhes complexos, sem a necessidade de habilidades voltadas para manufatura e uso de ferramentas especializadas, tornando esta,

uma tecnologia facilitadora na criação e produção de modelos físicos (AGUIR, 2016). A figura 4 apresenta o material produzido a partir de impressoras 3D utilizando filamento e resina.

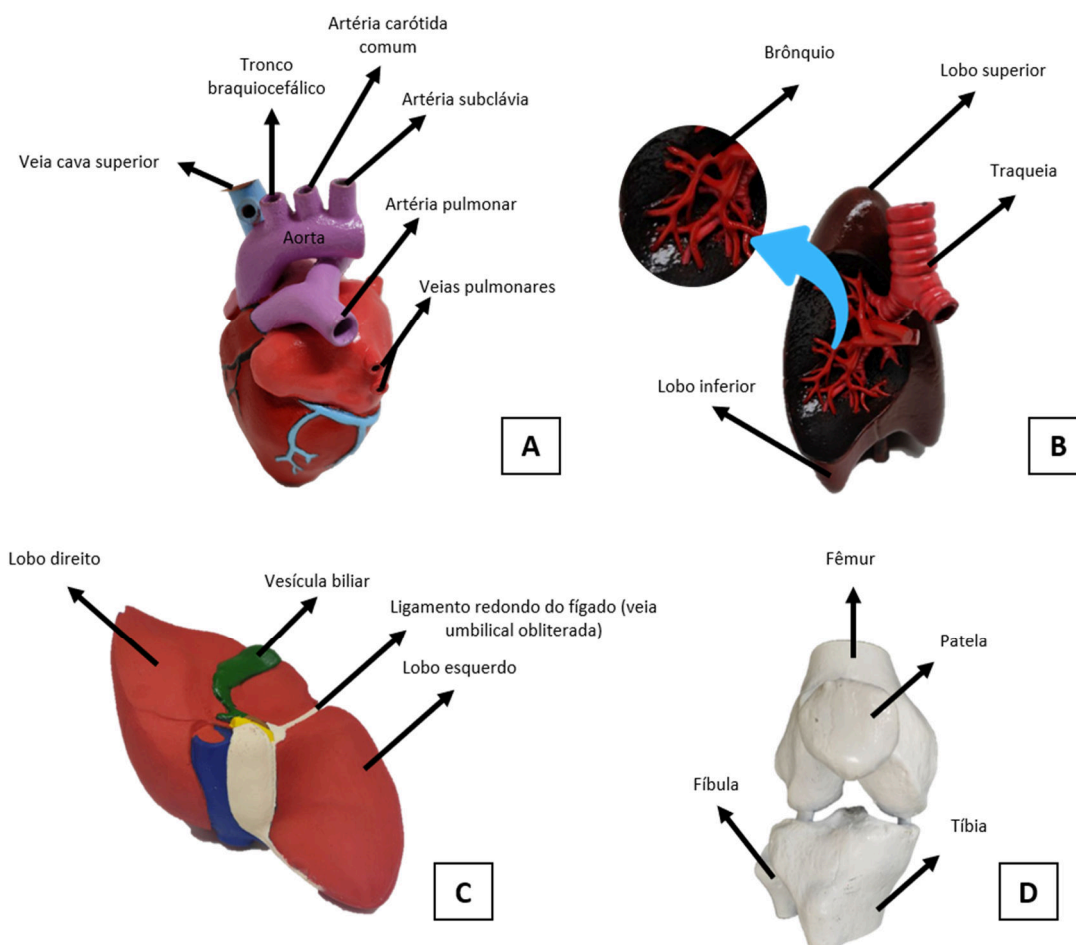


Figura 4. A- Coração Humano em resina, B – Pulmão em resina, C – Fígado em filamento PLA e D – Articulação do joelho em filamento PLA.

As peças apresentadas na figura 4 (A, B, C e D) podem facilitar o entendimento dos alunos no estudo de disciplinas como anatomia e fisiologia, pois proporciona uma melhor visualização da organização estrutural dos organismos, o que certamente contribui para assimilação de conhecimentos específicos como anatomia do coração, pulmão, fígado e articulação do joelho. Segundo Lipson (2007), a aquisição do conhecimento é facilitada e motivada por atividades práticas, com o auxílio de modelos físicos, além também auxiliar estudantes com deficiência visual, visto que os mesmos têm dificuldades em compreender conceitos a partir de figuras ou textos descritivos. Assim, conforme Fornaziero et al. (2010), existe uma necessidade de ampliar as opções na educação, inserindo assim metodologias

inovadoras no processo de ensino-aprendizagem, propiciando alternativas para integrar e dinamizar as aulas.

O dimorfismo sexual pela pelve humana pode ser feita por meio das características qualitativas, ou seja, diferenciação visual, como, por exemplo, os ossos são mais delicados no sexo feminino e as saliências e depressões mais evidentes no sexo masculino. A pelve é considerada como o segmento ósseo mais importante para determinar o sexo entre pessoas. A prototipagem rápida permite a criação de modelos didáticos de alta qualidade que exemplificam as características morfológicas e funcionamento de sistemas complexos. A figura 5 apresenta dimorfismo sexual da pelve humana masculina e feminina.

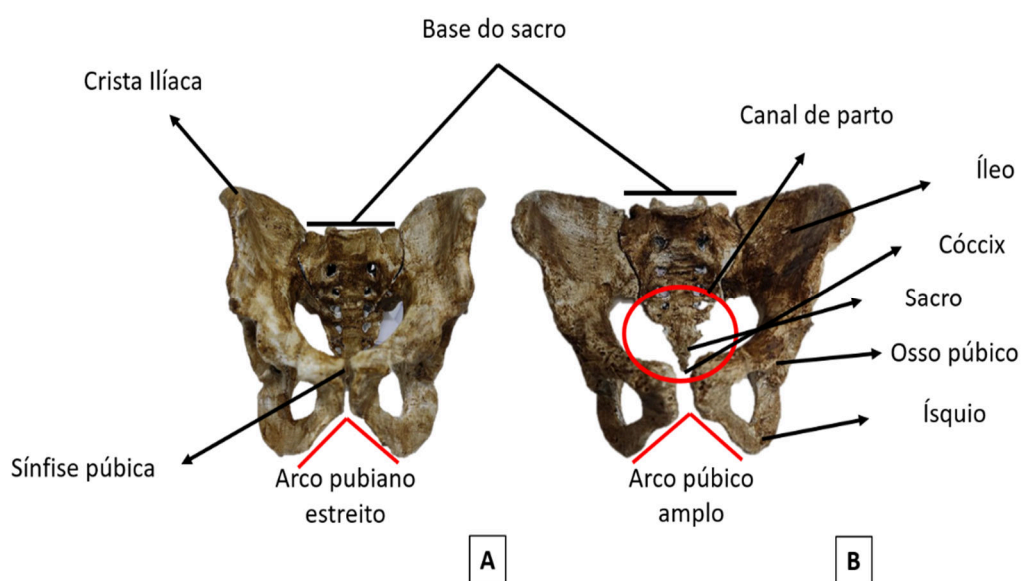


Figura 5. Pélvis masculina e feminina.
A – Cintura pélvica masculina e B - Cintura pélvica feminina.

As peças didáticas impressas em 3D para o estudo de anatomia podem proporcionar melhor assimilação do objeto de estudo, pois permitem aos alunos observarem as características morfológicas de cada peça ao invés de apenas receber informações teóricas. Assim, um instrumento didático funciona como complemento do que está sendo passado, ou seja, reproduzindo os conceitos abordados.

Os itens representados na figura abaixo, são estruturas que podem ser utilizadas no estudo da paleontologia e assim abordar diversos temas como evolução, extinção e mudanças climáticas por meio da tecnologia 3D. A figura 6 representa estruturas de modelos ósseos do crânio de um crocodilo e de um primata e fóssil.

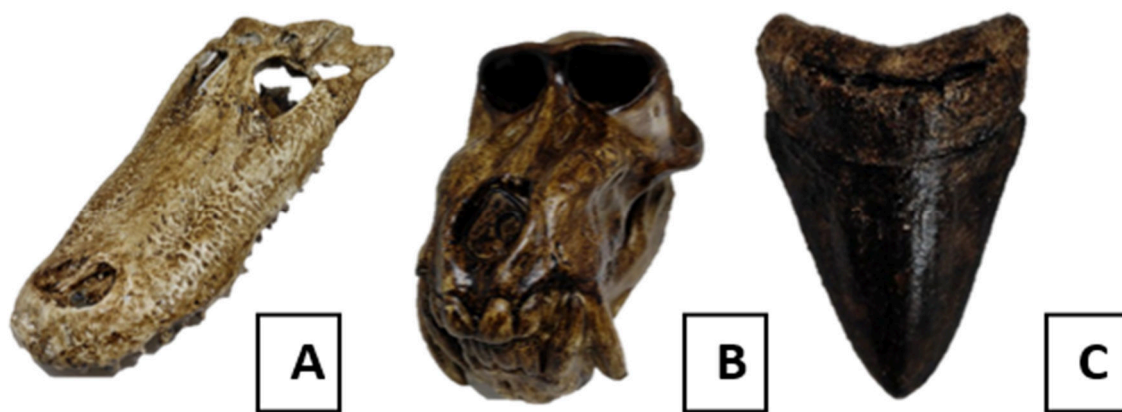


Figura 6. Peças anatômicas representam fósseis.

A - Crânio de um crocodilo, B – Crânio de um primata mandril (*Mandrillus leucophaeus*) e C - Dente do tubarão megalodon (*Carcharocles megalodon* Agassiz, 1843).

As peças apresentadas na figura 6 (A, B e C) podem ser utilizadas com o intuito de promover interação e despertar o interesse do público-alvo. A abordagem dos professores a atividades que despertem o interesse dos alunos é limitada muitas vezes pela falta de correlação com que está sendo abordado em sala de aula. Segundo Boyer et al. (2016), o uso de material didático como os produzidos neste estudo oferece oportunidade aos alunos de desenvolverem uma compreensão mais profunda sobre morfologia das espécies.

3.1. ESCÂNER

As réplicas foram produzidas na mesma escala das estruturas ósseas escaneadas. Além de estarem nas mesmas dimensões, as peças reproduziram com fidedignidade as características anatômicas do modelo digital para a peça impressa. A figura 5 apresenta três modelos anatômicos de uma vértebra.

As impressões produzidas podem ser utilizadas em aulas práticas, tornando viável a manipulação das peças pelos discentes. Essa tecnologia também pode tornar possível o estudo de elementos raros, ou de difícil obtenção, e frágeis. Um estudo realizado na Austrália, promoveu a construção de peças para serem utilizadas em áreas incluindo medicina, artes e ciências, por meio de impressoras 3D. Em anatomia, a produção de protótipos foi focada em peças altamente precisas de ossos humanos, cuja obtenção para estudo é um processo complexo, limitado por normas ético-legais, e, portanto, os acervos são insuficientes para fins de ensino (ABOUHASHEM et al., 2015).

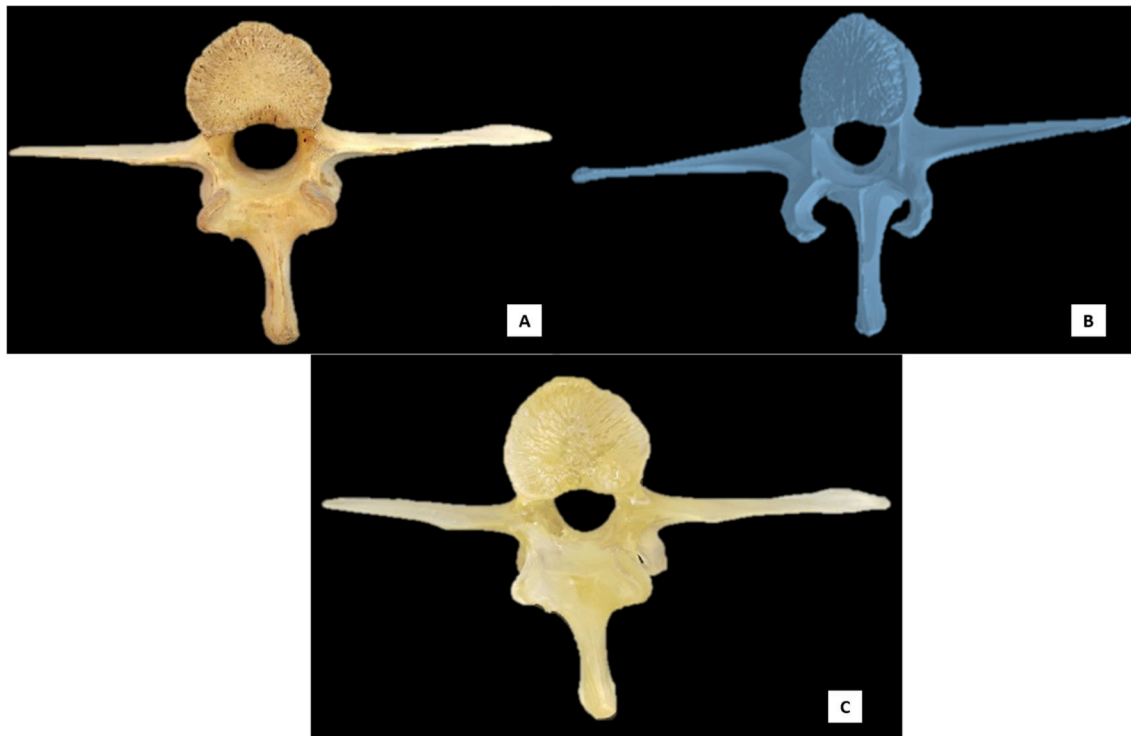


Figura 7. Vértebras de um bovídeo.

A – Modelos real, B – Modelos digital e C – modelos impressos em resina.

Neste trabalho, a partir do escaneamento foi possível gerar imagens digitalizadas e impressões tridimensionais advindas de estruturas ósseas de um bovídeo, demonstrando a eficiência e importância do escaneamento 3D na geração de recursos educacionais. Outros pesquisadores têm direcionado a utilização dessa tecnologia para ensino, pelos resultados satisfatórios obtidos. Bertti et al. (2015) realizaram a impressão 3D de ossos do crânio de uma espécie canina, a partir de imagens obtidas por tomografia computadorizada, para serem utilizados como ferramenta para auxiliar o ensino de anatomia veterinária. Além disso, foi criado um acervo de imagens, que podem ser utilizadas para o planejamento de procedimentos cirúrgicos que envolvam comprometimento das estruturas ósseas. O escaneamento 3D consegue gerar material interativo e que pode ser impresso em três dimensões e com grande durabilidade, sendo um ganho para o ensino de ciências.

Essa tecnologia proporciona gerar, a partir de um modelo real, uma réplica que permite aos alunos, maior visualização e entendimento espacial das estruturas anatômicas que não podem ser visualizadas apenas em duas dimensões. Conforme Chen et al. (2017), réplicas de alta fidelidade produzidas em impressoras 3D têm mesma eficiência ou, até mesmo, superam modelos de cadáveres, uma vez que se tornam uma ferramenta promissora na resposta aos desafios associados a questões éticas e higiene quando

comparada a dissecação de corpos. Outra razão importante para impressão dessas peças 3D, destacada por Abouhashem et al. (2015), é de natureza financeira, pois, uma vez que a infraestrutura apropriada esteja instalada, a impressão é a maneira mais econômica de adquirir peças anatômicas, principalmente de estruturas grandes e representativas.

Eventuais falhas de impressão podem acontecer, esses problemas estão geralmente atrelados à falta de adesão do filamento à mesa de impressão ou falha da extrusão devido à sujeira que se acumula no filamento e, conseqüentemente, entope o bico de extrusão (AGUIR, 2016). A figura 8 apresenta três modelos anatômicos do sacro de bovívdeo, uma falha de impressão e representada por uma seta na imagem C.

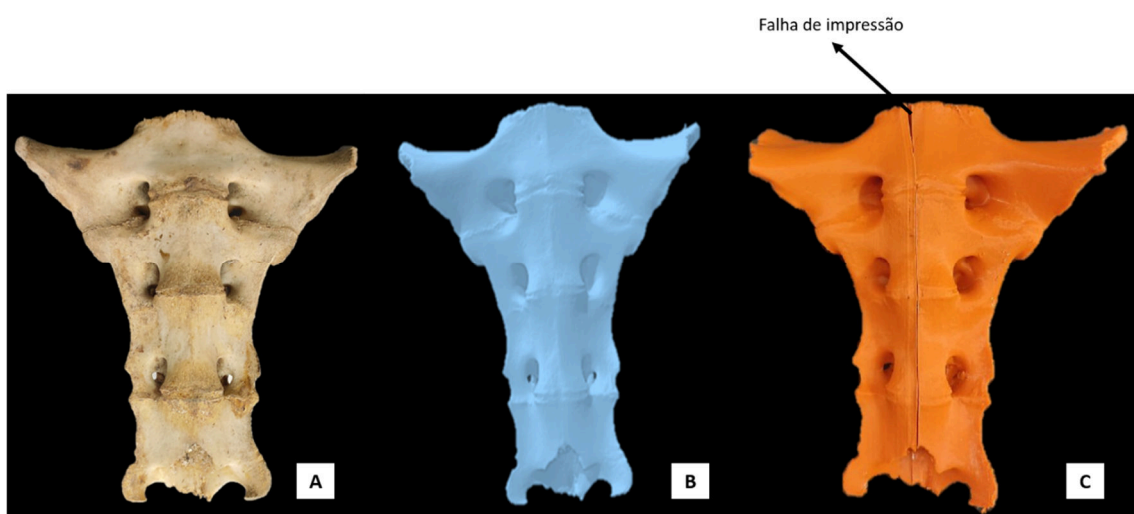


Figura 8. Sacro de um bovívdeo.

A – Modelo anatômico real, B – Modelo anatômico escaneado e C – Modelo anatômico impresso em filamento PLA.

As impressoras que constroem objetos por meio da deposição de filamento fundido necessitam, ao final da impressão, da remoção dos suportes gerados, o que pode gerar imperfeições na peça. Como pode ser observado na figura 8, a peça apresentada foi produzida em duas partes, pois necessitaria de grande quantidade de suportes na superfície caso fosse impressa como peça única, o que reduziria a qualidade visual da réplica.

Esses problemas são comuns, porém, não são necessariamente considerados como desvantagens, sendo necessário o constante ajuste das máquinas, como o nivelamento da mesa, sendo um processo fundamental para a aderência adequada das peças à mesa de impressão, de modo que o material não descole. Para isso, a temperatura correta também precisa ser mantida constante, de acordo como o termoplástico utilizado, de modo a evitar que as camadas descolem uma da outra e permaneçam fixas na mesa de impressão.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por meio deste estudo demonstram o potencial de aplicação da tecnologia de impressão 3D para o ensino de ciências e biologia, cujo material produzido pode ser utilizado para exemplificar conceitos teóricos passados em sala de aula, sendo produzidas um total de 45 peças. As impressoras 3D representam uma tecnologia relativamente barata, podendo ser adquiridas por instituições educacionais, sendo as possibilidades de ensino geradas por elas consideradas uma vantagem quando comparadas ao ensino tradicional, principalmente, por tornar as aulas mais dinâmicas e completas e permitir aos alunos e professores correlacionar a teoria à prática.

5. REFERÊNCIAS

- ABOUHASHEM, Y; DAYAL, M; SAVANAH, S; ŠTRKALJ, G. The application of 3D printing in anatomy education. **Medical Education Online**, v. 20, n. 1, p. 29847, 2015.
- AGUIR, L. D. C. D. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências**. (Dissertação) Mestrado – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2016.
- BADOTTI, A. V. B. **Avaliação do processo de metalização superficial aplicado à peças obtidas por estereolitografia**. (Dissertação) Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Santa Catarina, 2003.
- BAGLEY, J. R.; GALPIN, A. J. Three-dimensional printing of human skeletal muscle cells: An interdisciplinary approach for studying biological systems. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 43, n. 6, p. 403–407, 2015.
- BERTTI, J. V. P.; SILVEIRA, E. E.; ASSIS NETO, A. C. Reconstrução e impressão 3D do neurocrânio de cão com o uso de tomografia computadorizada como ferramenta para auxiliar no ensino da anatomia veterinária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 5, p. 1653–1658, 2020.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.
- BOYER, D. M.; GUNNELL, G. F.; KAUFMAN, S.; MCGEARY, T. M. MORPHOSOURCE: ARCHIVING AND SHARING 3-D DIGITAL SPECIMEN DATA. **The Paleontological Society Papers**, v. 22, p. 157–181, 2016.
- CAVALCANTE, D. D.; SILVA, A. D. F. A. D. Modelos didáticos de professores: concepções de ensino-aprendizagem e experimentação. **XIV ENEQ: Encontro Nacional de Ensino de Química**, n. 2004, p. 1-12, 2008.

CELANI, G. Digital Fabrication Laboratories: Pedagogy and Impacts on Architectural Education. **Nexus Network Journal**, v. 14, n. 3, p. 469–482, 2012.

CHAVES, L. R. **O avanço da impressão 3D**. 2019. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/o-avanco-da-impressao-3d/>>. Acesso em: 17/05/2022.

CHEN, A.; YOSSEF, M. Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures. In: **Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure**, 2015.

CHEN, S.; PAN, Z.; GU, Z.; LI, M.; ZHU, H.; YAO, Y.; et al. The role of three-dimensional printed models of skull in anatomy education: a randomized controlled trial. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 575, 2017.

COSTELLO, J. P.; OLIVIERI, L. J.; KRIEGER, A.; THABIT, O.; MARSHALL, M. B.; YOO, S. J.; et al. Utilizing Three-Dimensional Printing Technology to Assess the Feasibility of High-Fidelity Synthetic Ventricular Septal Defect Models for Simulation in Medical Education. **World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery**, v. 5, n. 3, p. 421–426, 2014.

FORD, Building in the Automotive Sandbox. **Ford**. Disponível em: <<https://corporate.ford.com/innovation/building-in-the-automotive-sandbox.html>> Acesso em: 26/04/2022

FORNAZIERO, C. C.; GORDAN, P. A.; CARVALHO, M. A. V. D.; ARAUJO, J. C.; AQUINO, J. C. B. D. O ensino da anatomia: integração do corpo humano e meio ambiente. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 34, n. 2, p. 290-297, 2010.

FRANCA, G1 Ribeirão Preto e **HC de Ribeirão Preto, SP, analisa novo caso de gêmeas siamesas unidas pela cabeça**. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2021/10/25/hc-de-ribeirao-preto-sp-analisa-novo-caso-de-gemeas-siamesas-unidas-pela-cabeca.ghtml>>. Acesso em: 17/05/2022

GRANT, C. A.; MACFADDEN, B. J.; ANTONENKO, P.; PEREZ, V. J. 3-D Fossils For K–12 Education: A Case Example Using The Giant Extinct Shark Carcharocles Megalodon. **The Paleontological Society Papers**, v. 22, p. 197–209, 2016.

GRAZIANI, A. F.; YATABE, M.; TRINDADE-SUEDAM, I. K.; GENARO, F. K. Clinical and Three-Dimensional Assessment of the Palate In Adults With Cleft Lip and Palate. In: FUKUSHIRO, A. P. **V Simpósio Internacional de Fissuras Orofaciais e Anomalias Relacionadas**. São Paulo: Simpósio Internacional de Fissuras Orofaciais e Anomalias Relacionadas, 2017.

ITAGAKI, M. W. Using 3D printed models for planning and guidance during endovascular intervention: a technical advance. **Diagnostic and Interventional Radiology**, v. 21, n. 4, p. 338–341, 2015.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A Utilização De Modelos Didáticos No Ensino De Genética - Exemplo De Representação De Compactação Do Dna Eucarioto. **Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar**, v. 10, n. 2, p. 35–40, 2013.

KNILL, O.; SLAVKOVSKY, E. **Illustrating Mathematics using 3D Printers**, arXiv, v. 1306, p. e5599v1, 2013.

LIPSON, H. Printable 3D models for customized hands-on education. **Mass Customization and Personalization (MCPC)**, Cornell University, Ithaca NY, 2007.

MEARIAN, L. **3D printing can re-create your vascular system for pre-op practice**. 2015. Disponível em: <<https://www.computerworld.com/article/3008229/3d-printing-can-recreate-your-vascular-system-for-pre-op-practice.html#:~:text=With%20that%20in%20mind%2C%20physicians,it%20prior%20to%20actual%20surgery>>. Acesso em: 17/05/2022

MOREIRA, G. R.; PERIOTTO, T. C.; TENÓRIO, N. Criação e compartilhamento do conhecimento usando tecnologia de impressão 3d em obras de arte para o aluno deficiente visual. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40204–40219, 2020.

PARQUE, S. **Simuladores clínicos contribuíram para o sucesso na separação das gêmeas siamesas em Ribeirão Preto**. Supera Parque. 2018. Disponível em: <<https://superaparque.com.br/noticia/269/simuladores-clinicos-contribuiram-para-o-sucesso-na-separacao--das-gemeas-siamesas-em-ribeirao-preto/>>. Acesso em: 26/04/2022.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299–309, 2007.

RAULINO, B. R. **Manufatura Aditiva: Desenvolvimento de uma Máquina de Prototipagem Rápida Baseada na Tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Deposição)**. (TCC) Graduação em engenharia de controle e automação - Faculdade de Tecnologia Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Brasília, 2011.

REIS, D. D. A. L. D.; et al. Biomodelos Ósseos Produzidos por Intermédio da Impressão 3D: Uma Alternativa Metodológica no Ensino da Anatomia Veterinária. **Revista de Graduação USP**, v. 2, n. 3, p. 47, 2017.

SILVA, A. A.; SILVA FILHA, R. T.; FREITAS, S. R. S. Utilização de Modelo Didático como Metodologia Complementar ao Ensino da Anatomia Celular. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 3, p. 17–21, 2016.

SOBRAL, J. E. C.; CAVALCANTI, A. L. M. S.; EVERLING, M. T. 'Ver Com As Mãos': A Tecnologia 3d Como Recurso Educativo Para Pessoas Cegas. In: **15º ERGODESIGN USIHC**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

STRALIOTTO, J. C. A.; BORGES, M. E. T.; BONINI, J. S. Impressora 3D como ferramenta pedagógica: confecção e aplicação das peças neuroanatômicas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 65360–65372, 2021.

THOMAS, D. B.; HISCOX, J. D.; DIXON, B. J.; POTGIETER, J. 3D scanning and printing skeletal tissues for anatomy education. **Journal of Anatomy**. v. 229, n. 3, p. 473–481, 2016.

TURNEY, BW. Anatomy in a Modern Medical Curriculum. **The Annals of The Royal College of Surgeons of England**, v. 89, n. 2, p. 104–107, 2007.

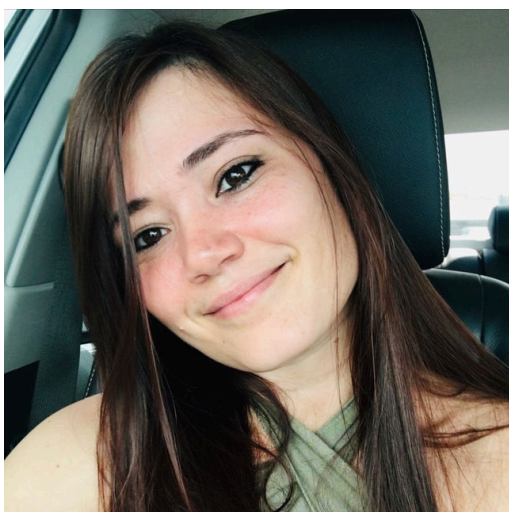
TURNEY, D. **História da impressão 3D: é mais antiga do que você pensa**. Redshift Autodesk. 2021. Disponível em: <<https://redshift.autodesk.com/history-of-3d-printing/>>. Acesso em: 26/04/2022.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. **Charles Hull. Co-Founder and Chief Technology Officer 3D Systems Corporation. University Of Colorado Boulder** Disponível em: <<https://www.colorado.edu/aerospace/charles-hull>>. Acesso em: 26/04/2022

VERGAK IS, B. Aircraft carrier Harry S. Truman prints spare, unique parts at sea with 3-D printer. **The Virginian Pilot**, 2015. Disponível em: <http://pilotonline.com/news/military/local/aircraft-carrier-harry-s-truman-prints-spareunique-parts-at/article_b46b30f0-2ad4-525f-8328-34d37034450c.html>. Acesso em: 26/04/2022

VILICIC, F. A Nova Revolução Industrial. **VEJA**, v. 45, n. 52, p. 240-247, 2012.

ORGANIZADORA



Lucena Rocha Virgilio

Possui graduação em ciências biológicas pela Universidade Federal do Acre (2011), mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais pela Universidade Federal do Acre (2013) e doutorado pela rede BIONORTE - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia legal (2021). Atua na área de biodiversidade, Ciências Ambientais, Ictiologia, Parasitologia de peixes e ecologia. Atualmente é professora da Universidade Federal do Acre, nas áreas de Biofísica, Educação ambiental, Zoologia dos Cordados e Parasitologia. Linha de Pesquisa: Ecologia aquática, Conservação de vegetação ripária com o uso de Ictioparasita, Macroinvertebrados aquáticos e Peixes.

ÍNDICE REMISSIVO

3

3D: 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134 e 136.

A

Agrotóxico: 26, 27, 28 e 30.

Allium cepa: 11, 12.

Amazônia Ocidental: 37, 39, 40, 122.

B

Biologia: 13, 122, 124, 125, 126, 128, 130 e 136.

Bromelia Laciniosa: 93, 94, 95, 96, 98 e 99.

C

Carne Bovina: 93, 101 e 102.

Characiformes: 37, 38, 41 e 42.

Ciências: 122, 125, 126, 128, 130, 133, 134 e 136.

Contaminação: 11, 12, 21, 22, 26, 28 e 29.

D

Disbiose: 59, 60, 62, 68 e 72.

E

Ecotoxicologia: 11.

Eixo Microbiota-intestino-cérebro: 59, 60, 70 e 71.

Epidemiologia: 78 e 82.

Estratégias de Controle: 78 e 88.

Etnofarmacologia: 106.

I

Ictiofauna: 37 e 39.

Inseticida: 27, 114 e 117.

Intoxicação: 26, 28, 30 e 34.

L

Leishmaniose Canina: 79 e 89.

Luffa Operculata: 106, 107, 108, 109, 110 e 111.

M

Medicina Popular: 106, 107, 109 e 111.

P

Piperaceae: 114 e 115.

Pontilhismo: 37, 38, 41 e 56.

Pragas: 27, 34, 114, 116 e 118.

S

Saúde Humana: 12, 26, 28 e 35.

Sistema Nervoso Entérico: 59 e 65.

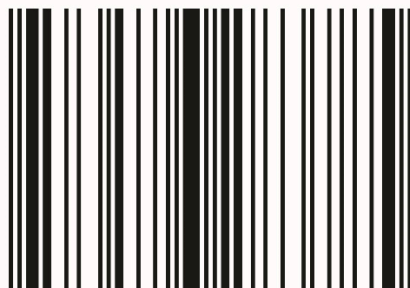
T

Tenderização Enzimática: 93 e 94.

Toxicidade: 13 e 106.

ISBN: 978-65-86283-78-5

BR



9 786586 283785

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283785